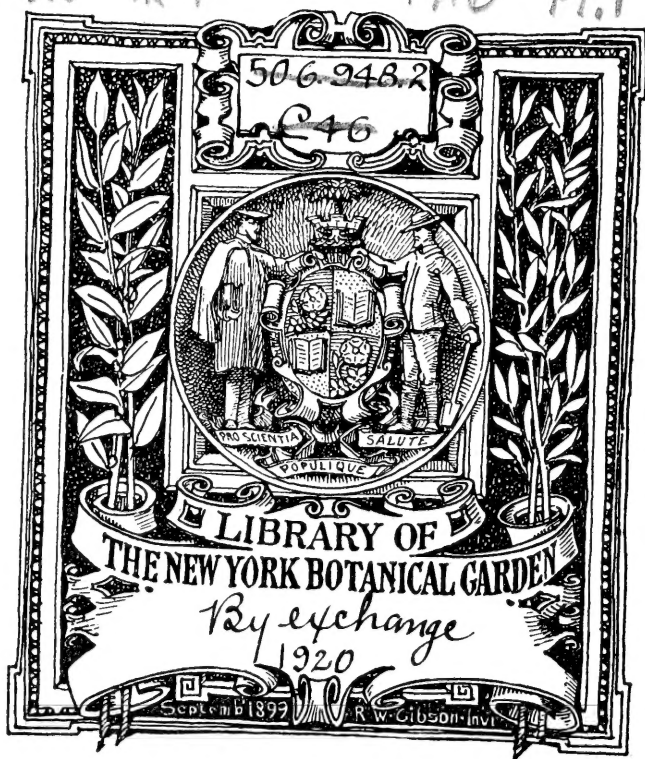


XS .K7

1916 PT.1



SKRIFTER

UTGIT AV

VIDENSKAPSSELSKAPET I KRISTIANIA

1916

I. MATEMATISK-NATURVIDENSKABELIG KLASSE

1. BIND



KRISTIANIA
I KOMMISSION HOS JACOB DYBWAD

A. W. BRØGGERS BOKTRYKKERI A/S

1917

SKRIFTER

UTGIT AV

VIDENSKAPSSKAPET

I KRISTIANIA

1916

I. MATEMATISK-NATURVIDENSKABELIG KLASSE

1. BIND



KRISTIANIA

I KOMMISSION HOS JACOB DYBWAD

A. W. BRØGGERS BOKTRYKKERI A/S

1917

XS
•K7
1916
PT.1

Indhold.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Side

- No. 1. **Kr. Birkeland.** Are the solar corpuscle rays that penetrate into the earth's atmosphere negative or positive rays? (With 5 figures in the text) 1— 27
2. **V. M. Goldschmidt.** Geologisch-petrographische Studien im Hochgebirge des südlichen Norwegens.
IV. Übersicht der Eruptivgesteine im kaledonischen Gebirge zwischen Stavanger und Trondhjem. Mit 2 Fig. im Text, 6 Tafeln u. einer geol. Übersichtskarte 1—140
3. **H. Mohn.** Roald Amundsens Antarktische Expedition. Wissenschaftliche Ergebnisse. — Der Luftdruck zu Framheim und seine tägliche Periode 1— 30
4. **Adolf Hoel.** Observations sur la vitesse d'écoulement et sur l'ablation du Glacier Lilliehöök au Spitsberg 1907—1912. Avec 4 planches et 3 cartes 1— 29
5. **Carl Størmer.** Quelques théorèmes généraux sur le mouvement d'un corpuscule électrique dans un champ magnétique. II. (Avec 5 figures dans le texte) 1— 40
6. **Carl Størmer.** Sur un problème relatif au mouvement des corpuscules électriques dans l'espace cosmique. Troisième communication. (Avec 34 figures dans le texte) 1— 60
7. **F. G. Gade.** Undersøkelser over kræftsygdommene i Norge paa grundlag av den officielle mortalitetsstatistik 1902—1911 samt det av Den norske komité for kræftforskning samlede materiale 1908—1912. Med 2 karter og 4 kurver 1—102
8. **Bernt Lyngé.** A monograph of the Norwegian Physciaceae. (With 3 plates, and 11 text figures) 1—110
9. **Bjørn Helland-Hansen** und **Fridtjof Nansen.** Temperatur-Schwankungen des Nordatlantischen Ozeans und in der Atmosphäre. Einleitende Studien über die Ursachen der klimatologischen Schwankungen. Mit 48 Tafeln und 97 Figuren im Text 1—341

FEB 23 1920

ARE THE SOLAR CORPUSCLE RAYS THAT PENETRATE INTO THE EARTH'S ATMOSPHERE NEGATIVE OR POSITIVE RAYS?

BY
KR. BIRKELAND

(VIDENSKAPSELSKAPETS SKRIFTER. I. MAT.-NATURV. KLASSE. 1916. NO. 1)

UTGIT FOR FRIDTJOF NANSENS FOND

KRISTIANIA
ON COMMISSION BY JACOB DYBWAD

1916

Fremlagt i den mat. naturv. klasses møte den 28 januar 1916

Introduction.

1. In »Terrestrial Magnetism« Professor STØRMER has recently ¹ given some very nice results from his Second Series of Aurora Photographs taken during some weeks stay at the village of Bossekop, which is now so well known since the expedition of BRAVAIS.

STØRMER was the first to introduce the cinematographic lens for this purpose, and by this new simple means, by which he has really obtained most valuable results, more precise and complete than those obtained by direct parallax observations of aurora, it has been as easy to photograph an aurora as to photograph a house, so to speak.

From the observatory on the Haldde mountain, erected by me, and where my former assistant, Mr. KROGNESS, is now Director, such aurora photographs are taken almost on every occasion when fine auroras are displaying themselves, and this will be continued year after year throughout a whole sunspot period, the result being published by and by ².

At the conclusion of his paper STØRMER takes up the question, whether the rays of the aurora are produced by negative or positive corpuscle rays, and he arrives at the result: It seems thus to be proved that the aurora was caused by positively charged electric particles.

I think the reasoning by which Prof. STØRMER arrives at this result, is certainly incorrect, as we shall see on account of the superficial manner in which he deals with polar magnetic storms.

I have already discussed this matter on page 609 in my book: »On the Cause of Magnetic Storms and the Origin of Terrestrial Magnetism«. The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902—1903.

I shall later on often have to cite this work, and for the sake of briefness I shall only call it »Aurora Polaris« or »A. P.«

¹ March, 1915.

² KROGNESS und VEGARD, Hohenbestimmungen des Nordlichts. Videnskapsselskapets Skrifter No. 11. Kristiania 1914.

Moderate terms are used in the cited place p. 609, but my conviction on this principal point of my theories is very strong. And I have got this conviction from eighteen years of general work on the subject, and especially by the comparative analysis of results from the terrella experiments (see only »A. P.« p. 580—591) on the one hand and observations on positive and negative polar magnetic storms (see »A. P.« p. 536, 540) on the other.

It must be borne in mind that any one who would uphold the theory that auroral *rays* and polar magnetic storms are generally produced by positive corpuscle rays of solar origin has to eliminate consciously by some magic a most important fact which by no means can be *explained* away, viz.: that, in general, positive polar storms occur in the afternoon, Aurora displays in the evening, and negative polar storms in the night with maximum just after midnight.

If these phenomena were generally produced by positive rays of direct solar origin, they would occur in a manner symmetrical in configuration to that described above, but on the morning side instead of the evening side of the earth.

There is another important fact which ought to be mentioned here.

By the statistical treatment of all perturbations registered during my Expedition 1902—1903 with four stations Mototchkin Schar, Kaafjord, Axeløen, and Dyrafjord, it has been proved that there is an almost absolutely calm period in the day when only very small magnetic forces are acting, see »A. P.« Table XCIV and XCVI pp. 537 and 539. For Matotchkin Schar and Kaafjord, which lie on or under the lower border of the auroral zone, this calm interval is respectively between 7^h—14^h and 6^h—14^h local time. For the other more elevated stations this interval is considerably shorter and the acting forces are greater.

Compare how well these results correspond with the precipitation of cathode rays on the terrella »A. P.« fig. 219 p. 598. Here the magnetisation of the terrella is so strong that the precipitation zone corresponds exactly to the auroral zone of the earth. It will be observed that there are no rays illuminating the terrella from 6^h or 7^h till about 14^h for places on the lower border of the precipitation, but places situated on higher latitudes will have a shorter calm period.

It seems accordingly, that if any positive rays do penetrate into the earth's atmosphere, *they can hardly have any perceptible magnetic effect, for their action must be a maximal one just in the period, which is found to be actually quite calm.* But in cosmic space positive rays from the sun most probably — even certainly — exist, only they do not seem to arrive

near enough to the earth for their existence to be ascertained in our atmosphere. It would be of high interest if closer observations of the phenomena occurring on the morning side of the earth could bring to evidence such positive solar rays, but I have never yet observed anything of this kind.

Before I go into detail with the discussion of aurora theories and demonstrate the error in Prof. STÖRMER's reasoning, I shall communicate shortly some new facts which will throw a very clear light upon the whole question concerning the emanation of corpuscle rays from the sun into space.

Registration of the Intensity of Zodiacal Light.

2. I am just able to give some experimental results from simultaneous researches made in North and South Africa by me and my assistant K. DEVIK on the Zodiacal light, results which most conclusively point to the existence of a permanent and powerful equatorial emission of corpuscle rays from the sun in the form of a rather flat circular disc, such as I have supposed in my theory of zodiacal light, being conducted thereto especially by experimental analogies¹.

From a physical point of view it is most probable that these new solar rays are neither exclusively negative nor positive rays, but of both kinds.

The observations of zodiacal light mentioned above aimed at registering photographically its intensity to see whether we could detect variations in it. The registration was performed by letting the zodiacal light shine upon an ELSTER and GEITEL photo-cell which was connected to a CREMER wire electrometer which has recently been used to study variations in the intensity of the light of stars. A complete report of my researches will be given later when they are finished, and I will not to any extent anticipate the results, but shall only reproduce on a reduced scale one of the first curves registered at Helwan on 16th March 1915 in quite clear weather, from 7^h 19 to 8^h 35 Standard Egyptian Time.

Figure 1. The curve is not a very good one, but it shows fine oscillations in the intensity of the zodiacal light. The white curve on a black ground is produced by the shadow of the electrometer-wire, a platin wire having a thickness of about two thousandth parts of a millimetre. A half-

¹ See „Aurora Polaris“ pp. 611–631 and Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris 6 February 1911, 20 July 1914, 31 August 1914 and 14 September 1914, the two last notes in collaboration with Mr. Skolem.

watt lamp of 300 candles furnished the light necessary for the registration. Very often such curves were rather smooth, but perhaps more frequently they are more or less disturbed, and even considerably more than in the curve reproduced.

Sometimes the light intensity curve had some resemblance to a simultaneously registered magnetic horizontal intensity curve, but more frequently there was no resemblance. This is easily understood, seeing that the part of the ray-disc round the sun, which we are studying with the photo-cell, is quite a different part from that which contains rays proceeding towards the earth causing magnetic perturbations. These oscillations registered photographically in the zodiacal light call to mind the master observer of

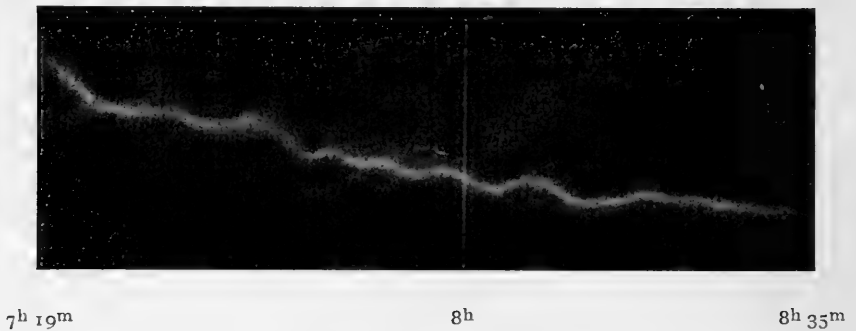


Fig. 1. Registered light intensity curve for Zodiacal light.

this phenomenon, Rev. GEORGE JONES, who published his chief results in the third volume of »Report on the United States Japan Expedition« 1856. His sharp eye first established with certainty oscillations in the zodiacal light, and I therefore propose to call these oscillations »Jones Oscillations«. They are of the highest theoretical importance, for there can be no doubt that such oscillations point to the electrical nature of the phenomenon, which gives off the faint light which we call the Zodiacal light. Now I have by experimental analogies clearly proved the possibility of the physical existence of such a ray-disc round the sun as my theories on zodiacal light presuppose.

The suggestive experiments figured pp. 667 and 669 in »Aurora Polaris« provide a sufficient illustration, but here I also reproduce a good photograph from a later experiment of the same kind.

Figure 2. It is seen how round the magnetic sphere, which serves as a cathode, there is formed a lamina of rays in the plane of the magnetic equator of the sphere. A similar lamina, but of immense size, is what I suppose to exist round the sun, rotating with it, on account of its

manner of formation. It might be expected that the rotation of this immense disc would easily be detected by observations, because it is not conceivable that the disc can be homogeneous all round the sun in the plane at the equator. Indeed, there are phenomena observed every month which seem to harmonize perfectly with the above hypothesis. At the Haldde Observatory by the continual registration of the magnetic elements a very clear and remarkable nearly monthly period in these elements has been observed, but sometimes discontinuances have manifested themselves.

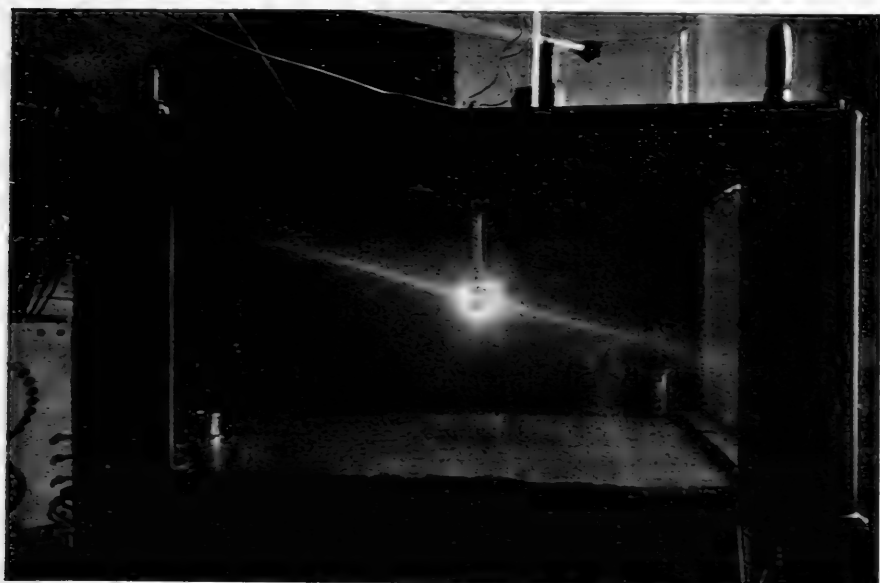


Fig 2. Lamina of corpusele rays in the plane of the magnetic equator of a magnetic sphere serving as cathode.

The Director of the Observatory, Mr. KROGNESS, informs me that the period for 1913 is about 27.3 days.

This period is observed regularly whether there are sunspots or not, very marked at sunspot minimum as well as at maximum, but a great sunspot may make the period still more marked. This fact considered together with my theory of polar magnetic storms gives good support to the idea that the immense ray-disc round the sun is always rotating with the central body. With regard to the power of radiant matter to absorb and diffuse solar light I have mentioned some known facts in my work *o.A. P.* p. 623.

It is conceivable that the helio cathode rays by collisions with ions in cosmic space produce a large number of dispersion electrons, which can take up and be in resonance with light waves from the sun.

In this way probably the corpuscular ray disc round the sun is visible to us as zodiacal light.

Let us return for a moment to the intensity curve Fig. 1. In collaboration with Mr. Know Shaw, Director of the Helwan Observatory, we have sometimes registered the intensity of light from Saturn by the aid of the thirty inch reflector. This was done also to see how the transparency of the atmosphere would generally influence the light intensity curves.

The Saturn curves show an almost horizontal course and are quite smooth when the weather was clear.

Figure 3. Fig. 3 represents a curve registrated on 11th April 1915 from 8^h 10 to 9^h 15. The evening was at first clear but later thin clouds



8h 10m

8h 25m

9h 15m

Fig. 3. Registered intensity curve for Saturn partially obscured by thin clouds.

appeared in the sky, so that the light from the planet was then partially obscured.

The chief purpose of these registrations of Saturn was to see if we could detect short variations in the light-intensity of the ring system corresponding to what was found for the Zodiacal light.

We did not succeed in finding such variations. But with the greatest reflector existing and with rather better arrangements with photo cell and electrometer than we had, it would be easy to get deviations thirty times as great as we got them. Under such circumstances, especially if it was possible to screen off in a constant manner the light from the planet itself, so that only the ring was acting on the photo cell, the intensity curve from Saturn would certainly be of very high scientific value.

On the Cause of the Great Climatic Changes in the Tertiary Period.

3. The variations in the registered intensity curves of Zodiacal light are, as mentioned before, of the highest importance for the theory, for they prove at once the electrical nature of the phenomenon. In my opinion the zodiacal light is the present visible sign of a now rudimentary pheno-

menon which a long time ago was very much more developed. I think that the disc of corpuscle rays round the sun formerly extended with considerable density out to the orbit of Neptun or further.

Today we can only see the ray-disc just outside the earth's orbit as ascertained by observations of zodiacal light.

I had the idea of examining whether such an immense disc of radiant matter, positively and negatively charged ions permanently ejected from the sun, in a similar way to that in which the electrons are assumed to be emanated, could gather together and form different material rings of discrete particles round the sun. In »Aurora Polaris« pp. 677 to 721 this problem is fully discussed ¹.

At present I will put a new important question under discussion concerning this almost permanent ray-disc round the sun, whose variations in intensity have now been registered photographically.

Is it possible that the great climatic changes on the earth in the tertiary period can be due to the work of the newly discovered corpuscular sunbeams?

In the early tertiary period before the »Great Ice Age« figs, palms and magnolias seem to have been characteristic of as high latitudes as Greenland and Spitzbergen, which are now occupied by ice stretching nearly to the coast all the year round ².

The warm climate of the above regions becomes more remarkable in view of the fact that the contemporaneous vegetation of Japan, Kamtchatka and other places in North East Asia points to a considerably cooler temperature than that which exists today.

»As Greenland and Japan lie on opposite sides of the pole the hypothesis was put forward that the pole has shifted since that period. There are many difficulties, however, in accepting such a hypothesis, and the explanation must be sought for in another direction«.

There are at once two questions to be dealt with when we start our discussion: 1) In which regions of the earth may the solar corpuscle rays enter our atmosphere, and under what conditions will the rays penetrate deeply enough to be absorbed? 2. How much energy can the ray-precipitation be assumed to represent?

On both these questions we can give satisfactory replies.

¹ See also: »Sur l'origine des planètes et de leurs satellites". Compt. Rend. t. 155, p. 892, Paris 1912, and »De l'origine des mondes", Archives des Sciences, Genève June 1913.

² See AINSWORTH DAVIS, Science in Modern Life. Vol. II. London 1909. Geology by O. T. JONES from which work I have taken the liberty of quoting a great deal.

Luminous Phenomena Over the Auroral Zone.

4. The rays will precipitate towards the earth in the so called auroral zone, two almost circular bands round the points where the magnetic axis intersects the earth's surface, one not very far from the North Pole (actually in North West Greenland) and a point correspondingly distant from the South Pole. A most precise idea of the way the rays fall in round the polar region of the earth is given by my terrella experiments illustrated on pp. 327 and 598 in »Aurora Polaris«.

Greenland is within the auroral zone, and Japan and Kamtschatka far from it, in fact Japan is near the magnetic equator.

The conditions which must exist if the bulk of corpuscle rays shall penetrate deeply into our atmosphere are easy to determine. Today we may say that most of the rays during great magnetic storms arrive at and turn at a height of about 500 km. above the earth's surface. This is at any rate the result at which I arrived when the precipitation of rays came down between my two stations Kaafjord and Axelsen in 1902—1903. See »A. P.« p. 308. The energy of such corpuscular precipitation is, as we shall see, puzzlingly enormous.

But even if most of the rays at the present time pass at a height of five hundred km., there will be some rays in the lower parts of the precipitation which come so near to the earth that the atmosphere will be luminous. Some rays, but very few, may come straight down and almost parallel to the magnetic lines of force and give brilliant north-light curtains and are so absorbed totally in the atmosphere.

But there are two other classes of luminous phenomena to which I will draw special attention. Mr. KROGNES, who has now several years' experience as Director of the Haldde Observatory, has got the impression that always during great magnetic storms a tranquil auroral arc is seen crossing the sky high up in the atmosphere just under the path where on an average the bulk of cosmic ray current passes nearest to the earth along the auroral zone eastwards or westwards.

I think this is well established, but it must be more closely examined. The other luminous phenomenon alluded to above, are the remarkable luminous nights which have aroused reflection in so many observers in the polar region. I have observed it myself many times. The evening and night sky till after midnight, even in the middle of the winter, can be wonderfully bright day after day. Probably the ordinary radiation of heat from the earth's surface will be less at night under such a bright sky, than under a usually clear sky. There can be no doubt that this lumi-

nosity is due to a uniform electrical luminiscence. The spectroscope shows the North light line λ 5571 all over the sky.

In my opinion this almost permanent luminiscence is produced by rays magnetically drawn in towards the auroral zone from the permanent ray-disc round the sun which under other circumstances manifests itself as zodiacal light. This phenomenon may therefore be closely allied to a sort of zodiacal light seen directly in the north about the summer solstice, which light was studied by CAMBELL, FATH¹, BARNARD and NEWCOMB.

At the Lick Observatory it was observed in June 1908 that this light reached at midnight 18° above the horizon in the north. The observations showed that before midnight the maximum of intensity was some degrees to the west and after midnight the maximum was displaced gradually to the east. NEWCOMB studied this form of zodiacal light from a mountain of 7700 feet in height in Switzerland. He arrived at the conclusion that this zodiacal light was sufficiently brilliant to be distinguished at a distance of 35° to the north of the sun. He adds the following significant words²:

»The limit of 35° , which I have set, nevertheless seems to me much more precise than any limit that has been, or can be set in the plane or the ecliptic«.

There seems to be good reason to believe that this zodiacal light in the north is due to the well defined cône of solar electric rays drawn in towards the auroral zone by the earth's magnetism. In summer time this cône is considerably stronger than in winter time and will be seen from much lower latitudes on the earth all on account of the position of the earth's axis. This hypothesis explains all observed facts. Let us first remember the form of such a cône from my terella experiments.

In my book »A. P.« p. 299 there are already some very clear photographs, but fig. 200 and fig. 219 give the best information, as on the former we see the two cônes drawn in towards the North Pole and the South Pole from the side, and on the latter we see from above the cône of rays being precipitated towards the North Pole a little on the afternoon side of the earth. The last photograph shows at once that if we are observing at midnight at a place of suitable latitude, we shall see the maximum of light to the west, but after midnight the maximum will go towards the east. Compare FATH's observation cited above and NEWCOMB's observation that the upper limit of the light was sharper than the limits

¹ FATH, The Northern Limit of the Zodiacal Light (P. A. S. P. 1908, Vol. XX, p. 280).

² NEWCOMB, An Observation of the Zodiacal Light to the North of the Sun (Alph. J. 22, pag. 209).

for ordinary zodiacal light, is now easy to understand, for the rays magnetically drawn in always form a fairly well defined cône, and from his station of observation he was looking right along the northern part of the surface of the cône.

Conditions for Absorption of Corpuscular Precipitation.

5. What are now the conditions to be fulfilled if these new solar rays are to come so deep down into our atmosphere that their enormous energy can be transformed into heat by absorption?

To answer this question we can not make use of the results from mathematical analysis, where the earth is considered as an elementary magnet, because the phenomena we are studying, take place too near the earth's surface. But we can very well use the results from the terrella experiments; they are very instructive in this case. It is obvious that the height above the earth's surface at which the bulk of the corpuscular rays is sweeping past the earth largely depends upon the intensity of the terrestrial magnetism and in a corresponding manner upon the magnetic stiffness of the solar cathode-rays. In »A. P.« pp. 591 to 595 we find necessary information about the dimensions of the precipitation-rings on the terrella, these rings corresponding to the auroral zones of the earth.

From two series of experiments with cathode-rays of 1800 volts and of 2400 volts we find in the first place that the stiffer the rays employed are, and the less the magnetisation of the terrella is, the larger are the polar precipitation rings. It further appears that the more the terrella is magnetic, the narrower or thinner does the band of light in the ring become, and the smaller are the number of rays that are drawn in towards the terrella in the precipitation ring. There will evidently exist a certain magnetisation which gives the maximum of ray precipitated on the terrella.

In this connection it is of interest that an aurora that occurs in low altitudes on the earth, must according to our theory and experimental analogies, be due to stiffer rays than an aurora that only occurs in the ordinary auroral zone: and that the farther the northern aurora extends towards southern latitudes, the greater will its width be, and we should expect that it will be seen simultaneously in the zenith over a great area of the earth.

The photographs 2 & 8 of fig. 218 »A. P.« p. 593 are of great utility here, especially when compared with the experiment represented by fig. 219. It appears that for cathode rays of 2400 volts and a magnetic intensity of 1600 C. G. S. units at the pole of the terrella, the precipitation ring has

a mean spherical diameter of 88° and an area between 3 and 4 times greater than the precipitation ring for the same rays but with 2800 C. G. S. units polar intensity.

If we go to three times greater polar intensity than in the first case, the area of the annular precipitation district will be between 12 and 14 times less.

With rays of 2000 volts and a polar intensity of about 4500 C. G. S. units we find a precipitation ring of mean diameter 45° , which exactly corresponds to the auroral zone on the earth.

The thickness of the zone on the terrella is about 2.5° corresponding to about 280 km. on the earth, so that ordinarily there should be in the auroral zone no simultaneous precipitations of rays more distant from another laterally than about 300 km., if the corpuscular rays are of uniform stiffness. But as mentioned above it is not only the magnetic intensity that determines the dimensions of the precipitation ring, but equally well the stiffness of the rays.

For corpuscular rays we have, as is well known:

$$H \cdot \varrho = \frac{mv}{e}$$

where H is the intensity of the magnetic field, ϱ the radius of curvature of the rays, m the mass of the electric particle, e its charge and v its velocity.

With a certain kind of rays ϱ will clearly be everywhere for instance three times greater, if H is diminished to a third of its value everywhere in the magnetic field. But if the magnetic field is held constant we can also obtain ϱ three times greater by taking rays which are three times stiffer, when accordingly $\frac{mv}{e}$ is three times greater.

From my experiments I conclude that for the corpuscular solar rays which penetrate into the auroral zone:

$$H \cdot \varrho = 3 \times 10^6 \quad (\text{»A. P. c p. 595})$$

But I have admitted that $H \cdot \varrho$ is not always the same, but may sometimes be as small as one million and sometimes as great as ten millions.

From the above we see that if *all* corpuscular rays should be so little stiff, that $H \cdot \varrho = 10^6$ there would practically be no solar corpuscle-rays drawn into the earth. But if, on the contrary, $H \cdot \varrho$ was always 10^7 C. G. S. they would penetrate into the atmosphere over an area about 15 times greater than they do now in the present auroral zone, corresponding to $H \cdot \varrho = 3 \times 10^6$. And what is still more important, the rays would really come quite deep down into the atmosphere.

If once upon a time $H \cdot \varrho$ was equal to 10^7 C. G. S. for the rays in the permanent ray-disc round the sun, which now manifests itself as zodiacal light, the conditions of temperature on the earth may have been quite different from what they are now, as we shall soon see.

There is an important class of magnetic storms, however, which point to the existence of much stiffer solar corpuscle-rays still than those mentioned above; I have called these storms cyclo-median storms.

There is only one such storm among my materials from 1902—1903, so that this class of perturbations has not yet been well studied, but there occur many cyclo-median storms on the earth, and sometimes they are of great intensity, though not especially in the polar regions. In the materials of 1902—1903, there were chosen from all 27 observatories which participated in the work, only the magnetic registrations which were taken on dates when great magnetic storms occurred somewhere at my four polar stations, so the reason why cycle-median storms are missing in the material is easily explicable.

It seems that the cyclo-median storms are due to a ray current-system which appears in lower latitudes at a height above the earth which is certainly great but small however in proportion to the earth's dimensions.

By my terrella experiments I tried to find if such systems could be demonstrated by using very stiff cathode rays of 10 000 volts and small magnetisation on the terrella. In »A. P.« pp. 151 and 153 some photographs are reproduced from these experiments.

It is of interest to remark that if we commence the experiments with no magnetisation on the terrella and slowly increase it to the highest obtainable magnetisation, the ray-precipitation will first withdraw from the poles and gather on both sides of the equatorial regions, then disappear round the equator, and the rays will form two »auroral zones«, which then approach the poles again getting thinner and thinner, and in such a manner that the number of rays striking the terrella is always very rapidly decreasing. Later Professor STØRMER interested himself in calculating trajectories corresponding to these experiments supposing the earth to be an elementary magnet and his results are quoted in »A. P.« pp. 151 to 160. STØRMER found that $H \cdot \varrho$ for such rays, which could produce cyclonic vortices such as those observed on the earth, had to be enormously great. He found the value 93 millions. At that time, I did not combine any physical meaning with such an enormous number for $H \cdot \varrho$. It was only later when I found experimentally that $H \cdot \varrho$ for rays precipitating in the auroral zones was 3 millions that the idea struck me that we had to deal with very stiff cathode rays, which I called helio-cathode rays, and calcu-

lated that the negative electric tension necessary to send out such ray was about 600 million volts.

After this it seems as if we have to admit that the sun under different circumstances by electric eruptions, frequently of very short duration, can send out rays that reach the earth, rays that have $H \cdot \rho$ between one million and a hundred millions.

Calculation of the Energy Conveyed by the Corpuscular Precipitation during a Great Magnetic Storm.

6. We will now calculate a lower limit for the kinetic energy of a ray-precipitation in the auroral zone causing a strong polar magnetic storm. As we shall see, it is possible to do this with satisfactory approximation on account of the researches made in 1902—1903, and we arrive at the astonishing result that the quantity of corpuscular ray energy present during a great storm is comparable to or even greater than the total insolation of ordinary heat from the sun to the whole earth during the same period of time. In the calculation we recur to the following hypothesis by which we obtain only a small lower limit for the kinetic energy of the corpuscular current. We first find the position in space and the intensity of a hypothetical linear galvanic current producing the same magnetic effects as those observed in the district in which the polar storm is most powerful. Then we assume that the corpuscles of the existing ray-current flow parallel to and not very far from the path of the hypothetical galvanic current; and that we obtain in this way a small lower limit for the amount of energy of the corpuscular stream is evident from the considerations given in article 36 »A. P.« pp. 99 and 105.

When our system of corpuscles moves with a common velocity of translation the electromagnetic energy in so far as it depends on the motion can be made up of parts each belonging to one electron so that for small velocities it can be represented by:

$$\sum \frac{1}{2} m' v^2.$$

On account of the extreme smallness of the electrons this can be assumed to be so in our case, as the electrons are postulated as being so far apart that their fields may be said not to overlap.

Then if we call the number of corpuscles that pass the cross section in the time-unit n , the apparent mass of a particle m , and the velocity v , we obtain the kinetic energy W

$$W = \frac{1}{2} n \cdot m \cdot v^2.$$

If each particle carries a charge of e electrostatic units, we have for the current intensity i :

$$i = \frac{e \cdot n}{3 \times 10^9} \text{ ampères.}$$

And thus

$$W = \frac{3}{2} \times 10^9 \cdot i \cdot \frac{m}{e} v^2.$$

If the C. G. S. system be employed, we obtain W expressed in ergs per second. This energy of the current will chiefly depend upon the kind of rays that form the current. In our case the rays are very stiff, and we have found for rays descending into the auroral zone $H \cdot \varrho = 3 \cdot 10^6$.

I think we may here introduce for m the expression for the longitudinal mass given by LORENTZ¹.

$$m = \left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)^{-\frac{3}{2}} \cdot m_0,$$

where m_0 is the mass of a slow electron and c the velocity of light.

In the extreme case we have before us, with rays of such hitherto unknown stiffness, it is possible of course that the formulae of LORENTZ are not strictly applicable, but we have to make a choice, and I think this is the best we can do.

For slowly moving electrons we have (see Theory of Electrons):

$$\frac{e}{m_0} = 540 \times 10^{15}$$

$$\text{whence } W = \frac{3}{2} \times 10^9 \cdot i \cdot \frac{\left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)^{-\frac{3}{2}}}{540 \times 10^{15}} \cdot v^2 \text{ ergs per second.}$$

Now v is here so very nearly equal to c , the velocity of light, that we may write c^2 for the last v^2 in our expression.

Corresponding to our helio-cathode rays I have already calculated the expression:

$$\frac{v}{c} \left(1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)^{-\frac{1}{2}} = 1.82 \times 10^3 \quad (\text{»A. P. « p. 596})$$

$$\text{whence } W = \frac{3}{2} \times 10^{22} \cdot i \text{ ergs per second.}$$

¹ LORENTZ, Theory of Electrons, p. 212.

If we here suppose $i = 10^6$ amperes, as we have actually found it during very strong polar magnetic storms, we get:

$$W = \frac{3}{2} \times 10^{28} \text{ ergs per second}$$

or $W = 2 \times 10^{18}$ horse-power.

If the formula for m in this extreme case gives too high a value for the longitudinal mass of an electron, the amount of energy in the corpuscular precipitation may also be too high.

During very strong magnetic storms such a tremendous quantity of energy is sweeping past the earth, but at a height of 500 km. while the stiffness of the rays is as great as it is at the present time.

From this result it can be deduced that a great sunspot may send out for short periods probably more energy as corpuscular rays than the whole sun is radiating in the same time as light and heat. And from the intensity of »the average polar storms« (See «A. P.» p. 538) which gives the average storminess for my four stations in 1902—1903) we may conclude: *that the sun always on an average sends out more energy as corpuscular rays than as heat and light radiation.*

The permanent ray-disc round the sun, which manifests itself as zodiacal light, included the rays which give polar storms, and it is thus obvious that this disc represents even at the present time a puzzling amount of energy.

Let us now for the sake of comparison calculate the total insolation I towards the earth, taking the solar constant equal to 2 · per minute¹.

We get $I = 4,3 \times 10^{16}$ gram cal. per sec.

corresponding to: $2,4 \times 10^{14}$ horse-power.

We see from this that the energy of a corpuscular precipitation during a polar storm may easily be of the same magnitude as the total insolation on the earth — and even much greater.

If it were possible for this corpuscular energy to penetrate deeply enough into our atmosphere in an »auroral zone«, we should not only get a sub-tropical temperature in the polar region of the earth, but there would also probably be a very much increased and abundant production of nitro-compounds in the atmosphere which is an excellent condition for rich vegetation.

¹ ABBOT gives 1,932 cal. per minute as mean result of 696 determinations. Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution 1913. Vol. III.

According to ARRHENIUS this production is at present about 400 millions of tons per annum upon the land-surface of the earth and is chiefly produced by lightening.

If then at any time the permanent ray-disc round the sun constantly contained rays of such a stiffness that $H \cdot \rho = 10^7$ C. G. S. and of such density as in our present strong polar precipitation, the bulk of rays in the ray-current would pass over the earth at a height of perhaps 100 km. A very great mass of rays would then go still deeper down and produce the most brilliant auroral phenomena of hitherto unknown intensity, and the highest layers of the atmosphere would assume an overwhelming temperature every day, but only on the evening and night side of the earth with the maximum of effect a little after midnight.

It is in this way possible to account for the warm climate of the polar regions during the early Tertiary period. Even the fact that the contemporaneous vegetation of Japan pointed to a considerably cooler temperature than exists to day can be explained, as Japan lies near the magnetic equator and thus could not profit by the corpuscular energy. And the ordinary insolation from the sun may have been less than to-day, for much light and heat is even today absorbed in the »dusky veil« round the sun, which I believe stands in intimate connection with the solar corpuscular emanation. Se »A. P.« p. 670.

If we thus admit an enormous density of the ray-disc round the sun, it is at the same time almost ascertained that the ordinary insolation will be very much diminished by absorption and scattering.

Let us now try to go a step further.

After the sub-tropical climate in northern and central Europe a general lowering of temperature took place and the »Great Ice Age« followed with a great advance of thick masses of ice from North Polar areas to low latitudes. It is claimed by many investigators of the glacial epoch that there is evidence of repeated advance and recession of the glaciers or ice-sheets, which are usually attributed to alternate phases of severe and mild climate. The American deposits are thought to furnish evidence of six distinct periods of advance separated by the recession of the ice and the growth of vegetation on the area vacated by it.

It is stated that some of these interglacial stages must have been of considerable duration, probably greater than the interval between the last retreat of the ice and the present day. It is considered also that the vegetation of the interglacial stages indicates a mild climate, in some cases not differing sensibly from that of the present day.

Similarly in Europe certain glacialists favour the view that there were six glacial stages, others would reduce the number to three.

Is it possible now to explain these remarkably great climatic changes on the earth by corresponding variations in our helio-cathode rays as the primary cause?

It is certainly possible, if we can admit changes of correspondingly long periods in the electric constitution of the sun, something like the sunspot periods in my conception, but *here* the time-intervals between the different phases must be enormous.

If we suppose that the magnetism of the sun, which, I believe, for the greatest part is due to corpuscular circle-currents outside the sun, is augmenting, it will at last arrive at a critical point, where events will intervene which will rapidly change the situation with respect to the corpuscular rays reaching the earth.

For helio-cathode rays radiated in a normal manner from the sun's surface we can indeed prove that if the rays reach a distance from the centre of the sun greater than twice its radius, the rays will pass on to infinity. But if the radiation is always to remain within a distance of $2a$ from the sun's centre we must have:

$$\frac{M}{H_0 q_0} > 2a,$$

where M is the magnetic moment of the sun and a the radius of the sun. $H_0 q_0$ corresponds to the emanated corpuscular rays (see »A. P.« pag. 617).

When M is of the order 10^{23} , as estimated by me in C. R. Jan. 24 1910 — it follows that $H_0 q_0 > 5 \times 10^5$ for normally starting rays if the rays are to be able to reach the earth and further to emerge into infinity. We have indeed found the condition fulfilled, for from the experiments and observations we deduced: $H \cdot q = 3 \times 10^6$ for rays which penetrated into the earth's auroral zone.

Now if the sun's magnetic moment M increased, it would accordingly arrive at a point where suddenly the whole ray-disc round the sun would disappear, and the rays would circulate quite near the sun's surface, or return to the sun. Here it is for the sake of simplicity assumed that all the corpuscular rays in the disc have the same stiffness.

What is said here applies only to helio-cathode rays. With atom-rays, radiant matter, when gravitation has to be considered, the result is in certain cases somewhat different, as seen in »A. P.« p. 706.

We have in the experiments described in »Aurora Polaris« a great many photographs representing phenomena corresponding to the sudden changes in the distribution as mentioned above.

I shall only refer to figure 254 for the case of rays emerging far away from the magnetic cathode-sphere. In this case the magnetisation is small or the rays are very stiff.

For the other case when the magnetisation is strong, we have the Saturn ring phenomena figure 255 c and figure 257. The thick light ring round the cathode-globe seen in fig. 248 b and c is also most interesting; here the discharge current is great.

When the magnetisation of the cathode-sphere is augmenting, we arrive at a given magnetic intensity of a *sudden* change from phenomena of the first kind to phenomena of the other kind. The experiment here then fully corresponds to the theory.



Fig. 4. The nebula in Virgo.
N. G. C. 4594.



Fig. 5. The nebula in Aquarius.
N. G. C. 7009.

It is also easy to find photographs from *nebulae* that seem to show these two classes of ray-emanation from the central body¹.

The nebula in Virgo N. G. C. 4594 represented above, fig. 4 seems to indicate emanation of cathode and atom-rays, radiant matter, of high magnetic stiffness, or radiation from a weak magnetic central body.

The dark rift in the nebula is very remarkable for it is seen in many other nebulae which stand edgeways to the earth.

The dark rift can be reasonably assumed to be due to screen effect of a great multitude of cooled material particles which have arrived outside the electro-magnetic phenomena. The latter have already retired somewhat and concentrated towards the matter-radiating central body, acting as cathode.

The nebula in Aquarius N. G. C. 7009 fig. 5 seems to give an example of ray-emanation of the second class, where the magnetisation of the radiating sphere is relatively great, or the rays may be more flexible.

The photographs of these two nebulae were taken at Helwan Observatory, and the director has been kind enough to allow me to reproduce them.

¹ See my paper „De l'origine des mondes“ l. c.

What would now happen on the earth if suddenly all the stiff corpuscle-rays which we supposed gave rise to a subtropical climate in northern Europe, were taken away? If the sun suddenly, by its magnetism, forced all corpuscle-rays to circulate round it at a small distance, the polar regions of the earth would be very much cooled, and it is even possible that the sun's radiation of light and heat would be considerably diminished, supposing the 'dusky veil' was getting thicker.

According to the calculations made by PICKERING, WILSON, SCHUSTER, VOGEL, SEELIGER and other astro-physicists, the dusky veil should at present absorb an important fraction ($\frac{3}{4}$ to $\frac{1}{3}$) of the sun's light radiation, so that any augmentation in the absorption would easily be felt on the earth.

When in the way mentioned above polar regions of the earth were much cooled, a great distillation from the previously heated ocean waters, especially from the equatorial regions, would take place, bringing the precipitation necessary for the enormous ice formations at the poles.

If therefore we could accordingly assume that the magnetisation of the sun underwent periodic changes in intensity, we should undoubtedly be able to give a plausible explanation for the consecutive glacial epochs with intervals of mild climate on the earth.

One could of course obtain nearly similar climatic variations by supposing that it was the stiffness of the corpuscular rays that underwent periodic changes and not the magnetism of the sun. It is, however, certainly more natural to consider our first supposition as the primary cause. In reality the stiffness of the rays will also in all probability change when the solar magnetism changes.

Finally it might be argued on the other side that the primary cause was not to be sought on the sun but in periodic changes in the magnetism of the earth. As we have clearly demonstrated in the preceding pages, the width of the auroral zone on the earth is highly dependent on the intensity of the magnetism of the earth.

With three times as high magnetisation as actually exists, practically no helio-cathode rays of stiffness $H \rho = 3 \times 10^6$ would come down into our atmosphere, and on the other hand, if the magnetism of the earth were to become three times less than it is now, these rays would penetrate very deeply and over an area 12—14 times greater than now round the poles.

Now it is obvious that the magnetism of the earth has certainly undergone very great changes since the early Tertiary time, because there have been other radical changes on the earth in the same period. But in my opinion it is most natural to seek the primary cause of the climatic

changes on the sun, for we must at any rate presuppose a density considerably greater than in the present time for the permanently radiated helio-cathode rays.

Theories of North-light Curtains.

7. Let us now take up for a brief discussion the more recent attempts to form theories on auroral curtains: it is necessary to do so if we are to understand fully how baseless is Professor STØRMERS assertion that the aurora is caused by positively charged particles.

I have formed in »A. P.« pp. 605—610, after many years of experimenting, my final theory to explain how the north-light curtains are built up.

In formulating the theory I fixed the attention principally on the following characteristic fact, that this auroral light in the polar regions often appears as a nearly vertically hanging curtain consisting of densely co-ordinated parallel rays. The curtains have most frequently their longitudinal direction in the auroral zone.

As a further characteristic feature we may mention that the auroral curtain is formed from east to west or vice versa, in such a way that the auroral rays one after another, seem to be precipitated from the sky, so rapidly that the curtain can be completely formed and extend right across the sky in some seconds.

This most beautiful formation of an auroral drapery where the rays drop down with regular time-intervals is perhaps not the most frequent; we often see all the rays coming down from an existing auroral arc almost simultaneously.

As always in my explanation of magnetical and auroral phenomena on the earth I have here also recurred to my experiments with the magnetic terrella. These experiments led me to the conclusion that the continuous luminous ring in the »auroral zone« of the terrella was produced by a countless succession of secondary precipitations overlapping one another in such a manner that the luminous ring *appeared to be continuous*. We remember, for instance, having once on the night side of the terrella counted about twenty distinct secondary precipitations, of which those of higher order lay to the east of those of lower order.

The number of these precipitations was greatly multiplied in proportion to the increase of the magnetisation of the terrella. This opinion on the constitution of the luminous ring is firmly maintained in endeavouring to develop a theory as to the formation of auroral draperies.

The cosmic rays approach the earth in the same manner as our cathode rays approach the terrella. We must suppose in consequence that the auroral rays in a curtain are formed by just such distinct, proportionally small groups of cosmic rays which penetrate deeply into our atmosphere after having successively detached themselves from a larger bundle of rays. The different groups have respectively passed through the magnetic equator n , $(n + 1)$, $(n + 2)$ etc. times.

It is relatively easy, from experiments with the terrella, to calculate, within some few per cent, the difference of the times which in this manner should correspond to the entrance into the atmosphere of the n^{th} and the $(n + p)^{\text{th}}$ auroral rays at the time when the curtain is formed.

Such experiments must of course be done with special care for the purpose of securing the great accuracy which is necessary here.

From earlier experiments which were carried out without special thought of the present determination, I can see that the difference of time in question must be something about one fifth of a second for one ray in the curtain to the next.

This period, which represents the time the rays take to travel almost from the south auroral zone up to the northern, will also depend on the actual magnetic stiffness of the cosmic rays.

Out of the mathematical theory alone, considering the earth as an elementary magnet, this period of time may also be calculated and perhaps with sufficiently good approximation.

Now, there are not at present sufficiently exact observations of the periods in question for the auroral rays, but I have just been able in a recent paper to indicate a very exact method of finding this periods¹.

In the same paper I have predicted, from analogies with my terrella-experiments, that the corpuscular ray precipitations giving rise to polar magnetic storms are also, like the auroral curtains, constituted of coordinated distinct proportionally small groups of cosmic rays, which successively detach themselves from a larger bundle of rays.

At the *beginning* of a polar storm, such groups of rays are precipitated one after another towards the surface of the earth with an interval of time of about one fifth of a second.

At the beginning of such magnetic storms we have thus to expect strong elementary waves of a period of about $\frac{1}{5}$ second. This prediction will be tested within a short time at the Haldde Observatory.

¹ On a Possible experimentum crucis for the Theories of Northlight-curtains and Polar Magnetic Storms. Videnskapsselskapets Skrifter. Kristiania 1915.

I see a confirmation of this hypothesis in the fact that auroral *rays* may drop down almost simultaneously from an already existing arc, as mentioned above. The arc is often only a delicate manifestation of the mighty ray-precipitation giving rise to magnetic storms. When this precipitation already consists of numerous small co-ordinated groups of rays, it is well conceivable that under given conditions some few rays of each group may drop in rapid succession and even simultaneously deeply down into the atmosphere and thus form an auroral drapery.

The Error in Professor Størmer's Reasoning.

8. During the last couple of years, other attempts have been made in different ways, upon the basis of the corpuscular rays, to obtain a plausible explanation of the formation of auroral curtains.

VILLARD has put forward a bold and most ingenious idea¹.

He tried after some beautiful experiments to conceive the auroral drapery as formed by cathode rays emanating from Cirrus-clouds: this was something like the manner in which ADAM PAULSEN viewed the matter.

But VILLARD takes a remarkable step further. He thinks the rays from the clouds are drawn towards a terrestrial magnetic pole e. g. the North Pole whence the rays return after having penetrated into the atmosphere and formed an auroral *ray*. He supposes that the rays return and go towards the South Pole, where the same rays penetrate into the atmosphere and form a southern auroral *ray*. The rays then return again and go towards the magnetic North Pole and there form a new auroral *ray* by the side of the first, and so on, a very great number of times.

On account of the great absorbing power of the atmosphere, it does not appear that this bold theory can be maintained; but VILLARD has certainly made important steps in the right direction.

Further STØRMER² has advanced an interesting attempt at a mathematical theory on the creation of the auroral curtains, based upon the supposition that the rays which in reality occur in the auroral curtains, always keep close to the rays which were calculated to go through the centre of an elementary magnet representing the earth. But STØRMER's theory can only be considered as a beautiful mathematical experiment, for the image given does not conform to the phenomena we observe; so I do not think, therefore, that we can say that his theory has anything to do with nature as far as auroral curtains are concerned. STØRMER calculates

¹ VILLARD: Les rayons cathodiques et l'aurore boréale. Paris 1907.

² STØRMER: Archives des Sciences physiques et naturelles, Genève 1907.

for instance that an auroral drapery with a length of 275 kilometres and a thickness of 72 metres may be formed by ordinary cathode rays, on the supposition that the cathode rays are following near to the rays which pass through the centre of the elementary magnet. But this supposition is as false as anything can be: anyone who has seen a fine north-light curtain in *formation* knows that. When he sees the auroral rays fall down from the sky and form a curtain coordinating themselves one after another with an interval of time of about one fifth of a second between each ray, he thinks after some reflection: if these rays came from the sun, they would have proceeded in very different paths altogether.

Professor STORMER, however, still frequently quotes his theory. He says himself in the paper in »Terrestrial Magnetism« referred to above »the mathematical theory of auroras which I have worked out in several memoirs can be applied to the case of negative corpuscles as well as to that of positive corpuscles«.

This statement may well be impressive for those who do not understand it well. Any theory having corpuscular rays for its starting point has eo ipso the same property of application. But the facts observed on the earth speak clearly in favour of the negative rays. It appears from my experimental discovery of the physical nature of auroral curtains that a mathematical solution of the problem concerning this phenomenon would only be within the limit of possibility if some mathematician had the good luck to find the general solution of the equations of motion for electrified corpuscles from the sun, when the rays arrived under the influence of the earth's magnetism. And even then I do not believe that anyone could have invented this special theory only by mathematical studies. At any rate it would have required a mathematician of almost unknown intimate contact with nature to reveal her deep secrets only by means of mathematical analysis.

The experimental method offers indeed a much more natural way to explore nature at first hand, even if the way is long and troublesome.

The method of experimental analogies especially will more and more prove to be highly valuable for the natural philosopher. When, however, discoveries are made, the mathematical analysis may do splendid work in clearly formulating discovery and theory, in drawing far-reaching consequences and deepening details.

To return to our problem, we may say that at the present day the general solution of the equation in question does not exist at all.

As is well known, Professor STORMER has put forward a very fine method of calculating the separate possible paths that electric corpuscle

from a distant cathode may describe round an elementary magnet. But as long as the distribution of all paths in space is not found, and as long as the analysis gives no information as to how the corpuscular rays really group themselves together in crowds round the elementary magnet, the utility of the solution is very limited. It fails even in an endeavour to explain the very simple but important phenomena of positive and negative polar magnetic storms.

Let us now consider the reasons why STØRMER believes that he is authorized to tell us, that the *rays* in an auroral curtain are produced by *positive* corpuscle rays. He has studied a single magnetogram from the Haldde Observatory corresponding to the time, when he photographed an auroral curtain.

The magnetogram shows a positive polar magnetic storm at the time of STØRMER's observation, and this positive polar storm is superposed on a much larger negative storm. STØRMER does not mention these two storms: he only presupposes that the magnetic deflection corresponding to the positive storm is produced by the observed auroral *rays*.

But the deflection corresponding to the simultaneously existing much greater negative storms are simply disregarded.

It is easy to demonstrate that it is dangerous in this matter to draw far-reaching conclusions from a single magnetogram. I have examined twenty four hundred curves, so I have more experience. Not all observations can be made in a few weeks like the photographing of auroras.

If we study magnetograms from somewhere in the lower part of the auroral zone, we find that there exist great positive polar storms at times when no north-light curtains can be observed, and there also occur great negative magnetic storms when no auroral drapery appears.

But almost always when the two storms overlap or are superposed on one another, and when the two storms directly succeed one another so that at this time the magnetic deflections frequently change direction, *auroral curtains are found to exist simultaneously*. In the present case it is obvious that Professor STØRMER has not taken into account the dominating features of the phenomenon he studies, as he has not considered the existing magnetic positive and negative polar storms.

In my work »Aurora Polaris« almost all researches were made with the purpose of finding the cause of such magnetic storms.

I find that during the negative polar storms with maximum on the night-side of the earth, the helio-cathode rays are precipitated down towards the aurozal zone, whence on an average they bend *eastwards* before they set out into space again.

During the positive polar storms with maximum on the afternoon side of the earth I must assume that the incoming rays on an average bend *westwards* just over the auroral zone, before they leave the earth.

When the two storms are superposed on one another or when they directly succeed one another, some rays relatively few to the total bulk form an auroral curtain, these rays having such direction with reference to the magnetic lines of force that they penetrate *straight down* towards the earth so deeply into the atmosphere that they are totally absorbed before they can turn round and escape into space again.

It is some few rays of this kind that Professor STÖRMER erroneously assumes to have been the cause of the intervening positive magnetic storm on the night of March, 11—12, 1913.

I will not enter into further criticism of his reasoning, but as apart from the above mentioned principal objection, there is good cause for several other serious remarks, I do not think that any physicist will accept such interpretations as those put forward by Professor STÖRMER.

p. t. Helwan (Egypt) October 1915.

Printed 16 June 1916.

GEOLOGISCH-PETROGRAPHISCHE STUDIEN IM HOCHGEBIRGE DES SÜDLICHEN NORWEGENS

VON

V. M. GOLDSCHMIDT

IV

ÜBERSICHT DER ERUPTIVGESTEINE IM KALEDONISCHEN
GEBIRGE ZWISCHEN STAVANGER UND TRONDHJEM

MIT 2 FIG. IM TEXT, 6 TAFELN U. EINER GEOL. ÜBERSICHTSKARTE

(VIDENSKAPSSKAPETS SKRIFTER. I. MAT.-NATURV. KLASSE. 1916. No. 2)

UTGIT FOR FRIDTJOF NANSENS FOND

KRISTIANIA
IN KOMMISSION BEI JACOB DYBWAD

1916

Fremlagt i fællesmøtet den 11. febr. 1916.

Vorwort.

Studien über die Regionalmetamorphose im kaledonischen Faltengebirge des südlichen Norwegens erforderten eine nicht unbedeutende geologisch-petrographische Vorarbeit, darunter auch eine vollständige Revision der Eruptivgesteine im Gebirge. Es erschien notwendig, die petrographische Beschaffenheit der unveränderten Eruptivgesteine kennen zu lernen, ehe man dieselben Gesteine in metamorphem Zustande studierte. Ferner war es unumgänglich, die Eruptivgesteine selbst zu untersuchen, ehe man ihre Einwirkung auf das Nebengestein bearbeitete. Auch zur Aufklärung des allgemeinen geologischen Baues war es unbedingt notwendig, die einzelnen Eruptivgesteine des Gebirges und ihre gegenseitigen Beziehungen zu studieren.

Es lag zwar schon ein recht bedeutendes Beobachtungsmaterial vor. Insbesondere die Eruptivgesteine des Bergen-Gebiets waren durch C. F. KOLDERUPS Untersuchungen in einer Vollständigkeit bekannt, wie nur wenige Eruptionsprovinzen in andern Faltengebirgen. In K. O. BJÖRLYKKEs großer Monographie ist ein großes Material genauer Beobachtungen über die Eruptivgesteine des zentralen Norwegens niedergelegt. Die Effusiv- und Intrusivgesteine der Küsteninseln zwischen dem Bergen-Gebiete und dem Stavanger-Gebiete sind uns durch H. REUSCHS umfassende Untersuchungen wohl bekannt. Im Trondhjem-Gebiete hat TH. KJERULF schon alle Pionierarbeit getan, und seine Untersuchungen über die Eruptivgesteine dieses Gebiets sind neuerdings von C. BÜGGE erfolgreich weitergeführt worden. Auch anderwärts hat die Untersuchung der Eruptivgesteine bereits viele wichtige Ergebnisse gebracht, ich brauche hier nur an J. REKSTADS wichtige Untersuchungen, besonders über die westlichen Hochgebirgsgegenden und angrenzenden Fjorddistrikte, zu erinnern.

Immerhin war es vorauszusehn, daß eine möglichst vollständige Bearbeitung der gesamten Eruptivgesteine viel Neues ans Licht bringen würde und vielen Resultaten der Lokaluntersuchungen erhöhte Bedeutung verleihen könnte. Eine einheitliche Bearbeitung des Materials konnte auch dazu beitragen, eine Einigung über strittige geologisch-petrographische Fragen herbeizuführen.

Es ist mir wohlbewußt, daß die vorliegende Übersicht in vieler Beziehung noch unvollkommen ist, ein Umstand, der bei der Fülle des zu bearbeitenden Materials wohl begreiflich erscheinen mag. Auch habe ich

mir bei der Wiedergabe meiner Untersuchungsergebnisse große Einschränkung auferlegt, um den Umfang der Schrift nicht ungebührlich auszudehnen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, allen denen zu danken, welche meine Arbeit gefördert haben.

An erster Stelle möchte ich meinen Dank an den Jubiläumsfond der Universität in Kristiania richten, welcher mir in den Jahren 1914 und 1915 einen bedeutenden Beitrag zu den Analysen- und Dünnschliffkosten bewilligte.

Besondern Dank schulde ich auch Herrn Professor Dr. W. C. BRÖGGER, dem Direktor des geologisch-mineralogischen Museums in Kristiania, und Herrn Dr. H. REUSCH, dem Direktor von Norges geologiske Undersökelse, für die Erlaubnis, das reichhaltige Material der ihnen unterstellten Sammlungen zu bearbeiten. Herr Professor Dr. K. O. BJÖRLYKKE an der landwirtschaftlichen Hochschule in Aas stellte mir in liebenswürdigster Weise sein gesamtes, sehr umfangreiches Material aus dem zentralen Norwegen zur Verfügung, ebenso Herr Münzmeister C. BUGGE, Kongsberg, sein reiches Material aus dem Trondhjem-Gebiete.

Auch zahlreichen andern Kollegen bin ich zu Dank dafür verpflichtet, daß sie meine Untersuchungen durch Überlassung von wichtigem Gesteinsmaterial und Dünnschliffen sehr erleichtert haben und mir über viele wichtige Fragen bereitwilligst Auskunft erteilten. Ich möchte meinen Dank besonders an folgende Herren richten: Herrn Bergmeister C. O. B. DAMM, Tromsø (der mir auch eine Gesteinsanalyse freundlichst überlassen hat), Herrn Staatsgeologen S. FOSLIE, Kristiania, Herrn Professor Dr. C. F. KOLDERUP, Bergen, Herrn Staatsgeologen J. REKSTAD, Kristiania, Herrn Amanuensis J. SCHETELIG, Kristiania, Herrn Oberlehrer C. SCHULZ, Trondhjem, und Herrn Staatsgeologen, Dozent W. WERENSKIOLD, Kristiania.

Eigene Beobachtungen im Gebirge habe ich auf Reisen in den Sommern 1911, 12, 13, 14 und 15 anstellen können. Ich richte meinen besten Dank auch an Assistenten und Mitarbeiter auf diesen Reisen, Herrn Amanuensis J. BRAASTAD, Herrn Staatsgeologen R. FALCK-MUUS, Fräulein cand. min. M. JOHNSON und Herrn stud. real. R. NORDHAGEN.

Auf meine Veranlassung wurde eine größere Anzahl der Eruptivgesteine analysiert, 17 Analysen wurden von Herrn Chemiker OLAF RÖER, Norsk kemisk Bureau, Kristiania, ausgeführt¹, 4 von Herrn Professor Dr. MAX DITTRICH (†), Heidelberg.

Die Dichtebestimmungen wurden größtenteils von meinem Assistenten, Herrn ENDRE BERNER, ausgeführt, einige Bestimmungen auch von Fräulein M. JOHNSON.

¹ Durchwegs nach W. F. HILLEBRANDS bewährten Methoden.

Kristiania, Frühjahr 1916.

V. M. Goldschmidt.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Untersuchungsmethoden	3
Definition des Stammes	5
<i>Der Stamm der grünen Laven und Intrusivgesteine</i>	7
Die Verbreitung der grünen Laven und Intrusivgesteine	9
A. Das Trondhjem-Gebiet	9
B. Die Westküste	11
Die chemische Zusammensetzung der grünen Laven und Intrusivgesteine	14
Die geologische Lagerungsform der grünen Laven und Intrusivgesteine	18
Das Alter der grünen Laven und Intrusivgesteine	19
<i>Der Stamm der Bergen-Jotun-Gesteine</i>	22
Basische Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes	23
I. Pyroxen-Olivin-Gesteine	23
II. Normale Norite und Gabbros des Bergen-Jotun-Stammes	26
Gabbro von Fukhammerne—Dyptjernfjeld—Rödsjökampen	26
Norit des Espedal-Gebiets	26
Basische Gesteine von Hemsedalen	27
Kleinere Vorkommen normalgabbroider Gesteine	28
Normalgabbroide Bergen-Jotun-Gesteine im westlichsten Norwegen	29
III. Labradorfelse	30
Intermediäre Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes	33
I. Jotun-Norite und Mangerite	33
a. Jotun-Norite	35
b. Mangerite	38
II. Hypersthensyenite und verwandte Gesteine	42
Saure Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes	46
Granite	46
a. Hypersthengranite (Birkremite)	47
b. Augitgranite	49
c. Granite mit Ägirindiopsid	49
d. Ägiringranite	49
e. Amphibolgranite	51
f. Biotitgranite	52
Granitpegmatitische Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes	53
Ganggesteine des Bergen-Jotun-Stammes	53
Erstarrungsreihenfolge der Bergen-Jotun-Gesteine	53
Einige vorläufige Bemerkungen über die magmatische Differentiation der Bergen-Jotun-Gesteine	54
Die geologische Lagerungsform der Bergen-Jotun-Gesteine	55
Das Alter der Bergen-Jotun-Gesteine	57

	Seite
<i>Der Opdalit-Trondhjemit-Stamm</i>	60
Basische Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes	61
I. Pyroxenite und Peridotite	61
II. Gabbroide Gesteine	61
Intermediäre Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes.	66
I. Diorite	66
a. Hypersthen-Glimmer-Diorite	66
b. Ordinäre Diorite	68
II. Opdalit.	70
Saure Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes	75
Trondhjemite	75
Die ältesten sauren Gesteine der Trondhjemit-Gruppe	85
Gangfolge der Trondhjemite	87
Basische Ganggesteine	87
Saure Ganggesteine	87
a. Trondhjemit-Porphyre	87
b. Trondhjemit-Aplite	89
Über die scharfen Grenzen der Gänge von Trondhjemit-Aplit, sowie über die Seltenheit von Einschmelzungsvorgängen über- haupt	91
c. Trondhjemit-Pegmatite	94
Die wichtigsten Vorkommen von Trondhjemit	94
Über das Vorkommen ordinärer Granite im Opdalit-Trondhjemit-Stamme	101
Die geologische Lagerungsform der Opdalit-Trondhjemit-Eruptive	103
Das Alter des Opdalit-Trondhjemit-Stammes	105
Bemerkungen über die Eruptivgesteine der Opdal-Inset-Masse und deren mag- matische Differentiation	106
<i>Gesteine vorläufig unbekannter Stammeszugehörigkeit</i>	113
Die Eruptionsprovinz von Hitteren und Smölen	113
Granite unbekannter Stammeszugehörigkeit an der Westküste (Bömmelöen, Karmöen, Stavanger)	114
Die Decken granitischer Gesteine im Gebiete zwischen Ryfylke und Hemse- dalen	116
Die Augengneise in der Umrahmung des Trondhjem-Gebiets	117
Kurze petrographische Beschreibung	117
Das geologische Auftreten und Alter der Augengneise	119
<i>Postkaledonische Eruptivgesteine im Faltengebirge</i>	121
I. Ausläufer der postkaledonischen Kristiania-Eruptive im Faltengebirge.	121
II. Andere postkaledonische Eruptive	121
<i>Allgemeines.</i>	123
Über die Möglichkeit von Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den drei Haupt- stämmen der Eruptivgesteine im Faltengebirge	123
Ähnlichkeiten und Unterschiede der drei Stämme von Eruptivgesteinen im kaledo- nischen Gebirge des südlichen Norwegens	127
Vergleich mit den Eruptivgesteinen in andern Teilen des kaledonischen Gebirges	131
Vergleich mit den Effusiv- und Intrusivgesteinen anderer Gebirge	133
Analoga der grünen Laven und Intrusivgesteine.	134
Analoga des Bergen-Jotammun-Stes	135
Analoga des Opdalit-Trondhjemit-Stammes	136
Bemerkungen zur geologischen Übersichtskarte.	139

Einleitung.

Die vorliegende Untersuchung umfaßt die Eruptivgesteine, welche im kaledonischen Faltengebirge des südlichen Norwegens vorkommen, das heißt auf der etwa 600 Kilometer langen Strecke des Faltengebirges zwischen Stavanger im Südwesten, Meraker, östlich von Trondhjem, im Nordosten.

Der Zweck dieser Abhandlung ist die übersichtliche Beschreibung derjenigen Eruptivgesteine, deren Empordringen mit der kaledonischen Gebirgsbildung verknüpft ist, wobei vorläufig nur die zeitliche Uebereinstimmung berücksichtigt wird.

Nicht in dieser Publikation behandelt sind diejenigen Eruptivgesteine, welche der alten präkambrischen Unterlage des Gebirges angehören, oder nur sekundär in das Gebirge mitverfaltet worden sind.

Betrachtet man eine geologische Karte des südlichen Norwegens, etwa die neue Übersichtskarte 1 : 1 000 000, herausgegeben von Norges geologiske Undersøkelse (W. WERENSKIOLD 1914), so sieht man, daß ein sehr bedeutender Teil des alten Faltengebirges von mannigfaltigen Gesteinen magmatischer Herkunft eingenommen wird. Der Eindruck der Mannigfaltigkeit wird noch erhöht, wenn man die vorliegende Litteratur überblickt. Wir finden unter den Eruptiven des Gebirges saure, intermediäre und basische Gesteine verschiedenster Typen in Bezug auf Chemismus, Mineralbestand und Struktur. Neben großen Massen von Tiefengesteinen und deren Gangfolge sind auch Effusivgesteine in großer Ausdehnung vertreten.

Zu der reichen Abwechslung, welche schon durch die ursprüngliche Beschaffenheit der Eruptivgesteine bedingt ist, kommt noch eine weitere Mannigfaltigkeit durch die mehr oder weniger starke Metamorphose, welche sich in sehr verschiedener Weise äußern kann.

Die vorliegende Untersuchung soll nur die *primären* Züge der Eruptivgesteine im Gebirge behandeln, als eine unumgänglich notwendige Vor-

studie, ehe die Gesteinsmetamorphose selbst in Angriff genommen werden kann. Metamorphe Züge an Eruptivgesteinen sollen nur insoweit Erwähnung finden, als sie zur Beleuchtung primärer Eigenschaften dienen können. Die Metamorphose der Eruptivgesteine, deren Untersuchung ebenfalls abgeschlossen ist, soll in einer späteren Publikation beschrieben werden.

Die große Mannigfaltigkeit des vorliegenden Materials ließ es anfangs recht schwierig erscheinen, eine übersichtliche Darstellungsweise auszuarbeiten.

Im Laufe der Bearbeitung stellte es sich jedoch heraus, daß unzweifelhafte Regelmäßigkeiten in der Zusammensetzung und dem Auftreten der Eruptivgesteine nachweisbar sind, besonders in dem Sinne, daß Gesteine verwandter chemischer Zusammensetzung gern in solcher geologischer Verknüpfung auftreten, daß man zur Annahme genetischer Zusammenhänge geführt wird.

Das Auftreten bestimmter Eruptionsprovinzen im Faltengebirge war schon bei der Bearbeitung der Einzel-Gebiete längst beobachtet worden; ich brauche hier nur an C. F. KOLDERUPS vorbildliche Untersuchungen über das Bergen-Gebiet zu erinnern. K. O. BJÖRLYKKE hatte bereits klar erkannt, daß die Eruptivgesteine von Jotunheimen und Indre Sogn, charakterisiert durch das Auftreten von »Orthoklas-Plagioklas-Gesteinen« nicht nur auf diese Gebiete allein beschränkt sind, sondern von den südlichen Teilen des Faltengebirges bis zum Lyngenfjord im Norden auftreten.

Im Sinne einer einheitlichen Auffassung wäre es die einfachste Deutung, sämtliche magmatischen Gesteine des Faltengebirges als Produkte einer einzigen Eruptionsprovinz aufzufassen, und ihre Unterschiede auf Spaltungsvorgänge aus einem einheitlichen Stammagma zurückzuführen.

Es gelang mir bis jetzt noch nicht, Beweise einer so einfachen und einheitlichen Auffassung zu erbringen. *Das Resultat meiner Untersuchungen ist, daß die Hauptmenge der effusiven und intrusiven Gesteine im kaledonischen Gebirge des südlichen Norwegens zu drei verschiedenen Stämmen gehört, deren Eruptionsprovinzen teils räumlich getrennt sind, teils einander überdecken.*

Für einen Teil der Eruptivmassen ist es noch ungewiß, zu welchem der drei Gesteinsstämme sie gehören; es ist auch möglich, wenn auch kaum wahrscheinlich, daß die Zahl der Stämme später vermehrt werden muß.

Die drei Stämme, welche in unserm Gebiete unterschieden werden müssen, sind die folgenden:

I.

Der Stamm der grünen Laven, Tuffe und zugehöriger Intrusivgesteine, ein fast rein basaltisch-gabbroider Gesteinsstamm, mit basischen, seltener sauren Spaltungsprodukten.

II.

Der Stamm der Bergen-Jotun-Gesteine, ein Stamm der Anorthosit-Charnockit-Reihe mit zahlreichen Differentiationsprodukten.

III.

Der Opdalit-Trondhjemit-Stamm, ein Gesteinsstamm, welcher das Analogon der alpinen Tonalite und andinen Granodiorite ist, ebenfalls mit zahlreichen Differentiationsprodukten.

Hierzu kommen noch die Gesteine vorläufig unbekannter Stammeszugehörigkeit. Es sind dies einerseits die Gesteine der Eruptionsprovinz von Hitteren und Smölen, welche eine gewisse Sonderstellung einzunehmen scheinen, anderseits eine Anzahl granitischer Gesteine, deren genetische Beziehungen zu den drei Hauptstämmen noch nicht geklärt sind.

Vielleicht wird es später einmal gelingen, einen genetischen Zusammenhang höherer Ordnung zwischen den großen Gesteinsstämmen des Faltengebirges aufzudecken. Die Frage nach der Möglichkeit solcher Beziehungen habe ich in einem besondern Kapitel gegen Ende der Abhandlung erörtert.

Relativ am wahrscheinlichsten dürfte ein solcher Zusammenhang zwischen den Stämmen I und III sein (grüne Gesteine und Opdalit-Trondhjemit-Gesteine).

Die sichere Feststellung eines solchen Zusammenhanges wäre ein wesentlicher geologischer Fortschritt.

Untersuchungsmethoden.

Die optischen Untersuchungen an den Dünnschliffen der hier beschriebenen Gesteine wurden durchwegs nach den von F. BECKE ausgearbeiteten Methoden durchgeführt.

Leider verbot der große Umfang des Beobachtungsmaterials eine andere als nur auszugsweise Wiedergabe der Resultate. Von den Eruptivgesteinen des Gebirges wurden etwa 1000 Dünnschliffe durchgearbeitet. Von den zahlreichen Bestimmungen an Feldspaten, Amphibolen, Pyroxenen etc. werden hier nur einige wenige Ergebnisse mitgeteilt.

Die Analysen, welche für diese Arbeit ausgeführt wurden, verdanke ich zum kleineren Teil Herrn Prof. Dr. M. DITTRICH (†) Heidelberg, zum größeren Teil Herrn Chemiker OLAF RÖER, Norsk kemisk Bureau, Kristiania. In ersteren sind einige der Zahlen durch mehrfache Bestimmung kontrolliert, in letzteren sind die meisten Bestimmungen das Mittel aus zwei, zum Teil drei Einzelbestimmungen. Dabei waren folgende die maximalen Differenzen zwischen je zwei Einzelbestimmungen: SiO_2 0,15, TiO_2 0,04, Al_2O_3 0,13, FeO 0,04, Gesamteisen 0,06, MgO 0,03, CaO 0,03, Na_2O 0,06, K_2O 0,06, CO_2 0,04, $\text{H}_2\text{O} + 105^\circ$ 0,04. Die *durchschnittlichen* Abweichungen sind natürlich kleiner als diese *maximalen*.

Herr Bergmeister C. O. B. DAMM hat mir eine von ihm ausgeführte Trondhjemit-Analyse freundlichst überlassen.

Ich habe es zweckmäßig gefunden, aus der bisherigen Litteratur über die Eruptivgesteine des Gebirges alle irgend brauchbar erscheinenden Analysen hier nochmals wiederzugeben, um einen zusammenhängenden Ueberblick über den Chemismus dieser Gesteine zu ermöglichen.

Bezüglich der Bestimmungen des spezifischen Gewichts sei folgendes mitgeteilt:

Das spezifische Gewicht wurde von meinem Assistenten Herrn E. BERNER nach folgender Methode bestimmt. Eine Gesteinsmenge von 50–300 Gramm, entnommen von dem analysierten Handstück, wurde in einem Platingefäß erst in Luft, dann in reinem Wasser gewogen. Unmittelbar vor der Wägung im Wasser wurde das ganze Gefäß unter die Luftpumpe gestellt und das Wasser bei ca. 22° zum Kochen gebracht. Erst nach längerem Auskochen wurde die Wägung bei 20° C. vorgenommen. Die Dichte ist auf reines luftfreies Wasser von 4° C. bezogen. Über zweihundert Dichtebestimmungen, die im Herbst 1915 ausgeführt wurden, zeigten die Brauchbarkeit der Methode, deren durchschnittlicher Fehler (an homogenem Material) zu etwa 0,05 % bestimmt wurde.

Vor der Dichtebestimmung wurde das Gesteinsmaterial getrocknet und zwar im Vacuum über concentrirter Schwefelsäure. Versuche ergaben, daß schon bei 24-stündiger Trocknung das hygroskopische Wasser in ungefähr derselben Menge entweicht, wie bei der üblichen Trocknung bei 105° . Alle Dichtebestimmungen beziehen sich somit auf Material ohne hygroskopisches Wasser. In allen Fällen, in welchen Zweifel über die Richtigkeit der Bestimmungen auftauchten, wurden Kontrollversuche durch weitere Zerkleinerung des Materials und wiederholte Dichtebestimmungen mit vergrößerter Dauer des Trocknens und Auskochens angestellt.

In dieser Publikation werden die Dichten nur für die unmetamorphen Eruptivgesteine mitgeteilt.

Definition des Stammes.

Als Stamm bezeichne ich eine Gemeinschaft von Eruptivgesteinen, welche in solcher geologischer Verknüpfung auftreten, daß man zur Annahme eines gemeinsamen Ursprungs geführt wird. Die einzelnen Gesteinsvorkommen eines Stammes können nach Mineralinhalt und chemischer Zusammensetzung entweder gleich oder verschieden sein.

Der Stamm umfaßt somit alle Gesteine, welche aus einem gemeinsamen Magma abstammen, welche also, um es in anderer Weise auszudrücken, Consanguinity aufweisen, er umfaßt comagmatische Gesteine.

Man könnte versucht sein, statt Stamm den Ausdruck Familie anzuwenden, wie ich es in einer früheren Publikation getan habe¹, doch spräche hiergegen der Umstand, daß der Ausdruck Gesteinsfamilie in einem anderen Sinne schon allgemein gebraucht wird, ein Einwand, auf den mich Prof. W. C. BRÖGGER freundlichst aufmerksam gemacht hat.

Der Begriff des Gesteinsstammes, wie ich ihn hier anwende, umfaßt alle genetisch verknüpften Gesteine einer Eruptionsprovinz. Nun ist der Ausdruck Eruptionsprovinz selbst in verschiedener Begrenzung benutzt worden. Gewöhnlich umfaßt er ein *räumlich zusammenhängendes* Gebiet untereinander verwandter Eruptivgesteine. Es können aber mehrere solche Provinzen gleichen Alters und gleicher geologischer Position zu einer Provinz höherer Ordnung zusammengefaßt werden. Der Gesteinsstamm umfaßt die Gesteine einer solchen Eruptionsprovinz höherer Ordnung.

Ueber eine solche Eruptionsprovinz höherer Ordnung hinaus soll der Begriff des Stammes nicht ausgedehnt werden. Man kann demnach nicht sagen, daß etwa die alpinen Tonalite und die Trondhjemite des kaledonischen Gebirges *demselben* Stamme angehören, sondern sie gehören zu zwei nur *analogen* Stämmen. Der Begriff des Stammes umfaßt nämlich, wie oben gesagt, nur Gesteine derselben Abstammung von einem gemeinsamen Stammmagma.

Durch Einführung des Begriffes »Stamm« in genetischem Sinne könnte man vielleicht zu einer natürlichen Klassifikation der Eruptivgesteine gelangen, indem es sich zu zeigen scheint, daß die verschiedenen bekannten Stämme in analoger Weise in Unterabteilungen zerlegt werden können².

Innerhalb des Gesteinsstammes beobachten wir Altersunterschiede der Einzelgesteine. Wir können in den meisten Stämmen mehrere Generationen von Tiefengesteinen beobachten, jede begleitet von ihren charakteristischen

¹ Geol.-petrogr. Studien III, Die Kalksilikatgneise und Kalksilikatglimmerschiefer des Trondhjem-Gebiets, Vid.Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1915, No. 10.

² Man vergleiche hierüber besonders die Darlegungen von W. C. BRÖGGER (Eruptivgesteine des Kristianiagebiets II, S. 165—181, Vid. Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1895, No. 7).

Grenzfacies, Gängen, Ergußgesteinen. Die Generationsfolge ist bestimmt durch den Verlauf der magmatischen Entwicklung. In analogen Gesteinstämmen beobachten wir in der Regel auch analoge Generationsfolgen.

Ich bin mit W. C. BRÖGGER der Meinung, daß eine natürliche petrographische Systematik in erster Linie das geologische Auftreten und die gegenseitige Association der Eruptivgesteine berücksichtigen muß, um zu einer genetischen Einteilung zu gelangen, mit voller Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Principien, welche bei der Krystallisation und Differentiation maßgebend sein müssen.

Das Studium der natürlichen Gesteinsassocationen dürfte in diesem Sinne ein sehr fruchtbares Untersuchungsgebiet sein, ein Umstand, auf welchen W. C. BRÖGGER stets hingewiesen hat.

In der folgenden Publikation habe ich versucht, die Eruptivgesteine eines großen Faltengebirges (oder richtiger die Eruptivgesteine in einem Teil des Gebirges), nach genetischen Gesichtspunkten zu ordnen.

Zur Aufstellung und Abgrenzung der einzelnen Gesteinstämme habe ich folgende Kriterien angewandt:

Die Gesteine eines Stammes pflegen *im Großen gesehn* geologisch gleichaltrig zu sein, die Altersunterschiede der einzelnen Stammesmitglieder sind in der Regel von geringerer Größenordnung als geologische Perioden.

Die Gesteine eines Stammes pflegen oft in ausgesprochenem räumlichen Verband aufzutreten, deshalb hat man schon frühzeitig die Eigentümlichkeit der »Eruptionsprovinzen« erkannt.

Auch in tektonischer Beziehung, in der »mise-en-place«, zeigt sich oft, wenn auch nicht immer, Analogie zwischen den einzelnen Mitgliedern eines Stammes.

Das geologische Auftreten zeigt oft direkt durch den gegenseitigen Verband der Gesteine ihre Entstehung durch gemeinsame Differentiationsprocesse.

Genetische Zusammengehörigkeit verschiedener Gesteine zeigt sich auch in der häufigen Wiederholung derselben Gesteinsassocation in verschiedenen Teilen derselben Eruptionsprovinz.

Die Gesteine desselben Stammes sind in sehr vielen Fällen in ihrer Zusammensetzung und ihrem Mineralbestande durch Übergänge verbunden.

Charakteristische Eigenschaften eines Stammes (z. B. hoher Natrongehalt, ein charakteristischer Feldspat und ähnliches) vererben sich oft durch zahlreiche (doch nicht immer alle) Mitglieder desselben Stammes.

Endlich könnte man auch zur Entscheidung zweifelhafter Verwandtschaftsbeziehungen analoge Gesteinstämme anderer Gebiete zum Vergleich herbeiziehn.

DER STAMM DER GRÜNEN LAVEN UND INTRUSIVGESTEINE.

Der Stamm der grünen Eruptivgesteine im südlichen Norwegen ist in chemischer Beziehung als überwiegend basaltisch zu bezeichnen.

Dieser Stamm wird zuerst von H. REUSCH¹ als eine *Einheit* erwähnt, indem der genetische Zusammenhang der grünen silurischen Effusiva im Trondhjem-Gebiet, dem westlichen Norwegen und den britischen Inseln betont wird.

Zu diesem Stamme gehören einerseits Laven, deren Agglomerate und Tuffe, anderseits intrusive Massen, begleitet von Gängen.

Die basischen effusiven Gesteine des Stammes sind in der Litteratur unter den Namen Diabas, Diabasporphyr, Variolith, Grünstein, Porphyrit beschrieben worden, respektive als Saussuritdiabase etc.. Bei vorgeschrittener Metamorphose werden sie zu Grünschiefern, Amphiboliten, Granatamphiboliten und endlich zu körnigen Plagioklas-Amphibol-Gesteinen.

Unter den weniger metamorphen, meist spilitischen Effusivgesteinen des Stammes sind variolithische Kissenlaven (Pillow-Lava) sehr verbreitet, ja vielleicht herrschend. H. REUSCH² beschreibt sie von den Inseln an der Mündung des Hardangerfjords, ferner von Yttre Sulen außerhalb des Sognefjords³. Durch die Untersuchungen von P. SCHEI⁴ und C. BUGGE⁵ wurde die Analogie dieser Effusivgesteine mit den Kissenlaven klar erkannt, dieselben fanden, daß variolithische Kissenlaven unter den grünen Gesteinen des Trondhjem-Gebiets bei weitem vorherrschen.

C. BUGGE veröffentlichte auch die erste ausführliche Beschreibung dieser Gesteine im westlichen Teile des Trondhjem-Gebiets⁶.

¹ Geologiske Iagttagelser fra Trondhjems Stift, Vid. Selsk. Forh. 1890, No. 7, S. 4.

² H. REUSCH, Bømmeloen og Karmøen, Kristiania 1888, man vergleiche z. B. die Abbildungen S. 109 u. 110.

³ Konglomerat-Sandstenfelterne i Nordfjörd, Søndfjörd og Sogn, Nyt. Mag. f. Naturv. Bd. 26, 1881, S. 108.

⁴ Norsk geologisk Tidsskrift, Bd. I, No. 13, 1910, S. 33.

⁵ Norsk geologisk Tidsskrift, Bd. I, No. 13, 1910, S. 48.

⁶ Rennebu, Norges geol. Unders. Skr. No. 56, 1910, siehe ferner: Lagfølgen i Trondhjemfeltet, Norges geol. Unders. Aarb. 1912, No. 2.

Hypabyssische, vielleicht auch effusive, olivinreiche Gesteine sind ebenfalls in derselben Gruppe vertreten, wir finden ihre Derivate als Topfsteine und Serpentine in Begleitung der Laven, vielleicht handelt es sich zum Teil um Paläopikrite¹. Saure Laven sind, nach unsrer bisherigen Kenntnis, nur sehr spärlich vertreten, wir kennen sie durch H. REUSCHS Untersuchungen als Quarzporphyrite und deren Tuffe im südwestlichen Norwegen² (Westküste der Bømmelö und vorgelagerte kleine Inseln).

Die intrusiven Gesteine des Stammes sind Gabbro und Olivingabbro herrschend, untergeordnet Olivinfelse und Pyroxenite, auch intrusive Diabase und Diabasporphyrite sind keineswegs selten. In der Mehrzahl der Fälle sind die gabbroiden Gesteine saussuritisiert, uralitisiert und oft stark verschiefert. Die Entkalkung der Plagioklase, sowie die Uralitisierung der Pyroxene gibt ihnen oft einen dioritartigen Habitus (z. B. auf den Inseln außerhalb des Hardangerfjords nach den Untersuchungen von H. REUSCH). Die Olivinfelse und Pyroxenite sind sehr häufig serpentinisiert oder zu Topfstein umgewandelt.

Die gabbroiden Gesteine des hier behandelten Stammes werden sehr häufig von magmatischen Kieslagerstätten (Schwefelkies-Kupferkies) begleitet. Man darf wohl sagen, daß die Mehrzahl der wichtigeren Schwefelkies-Kupferkies-Lagerstätten des südlichen Norwegens an diesen einen Gesteinstamm gebunden ist, eine viel geringere Anzahl (meist kleiner) Vorkommen folgt gabbroiden Gesteinen des Opdalit-Trondhjemit-Stammes, während für die übrigen Vorkommen eine sichere Zuordnung zu einem bestimmten der drei Eruptiv-Stämme noch nicht möglich ist. Die Verknüpfung der Schwefelkies-Kupferkies-Vorkommen mit gabbroiden Gesteinen wurde schon von TH. KJERULF erkannt; die Deutung der Kiesmassen als magmatische Spaltungsprodukte des Gabbromagmas wurde zuerst von W. C. BRÖGGER³ gefunden. In zahlreichen wichtigen Abhandlungen von J. H. L. VOGT wird dann die genetische Verknüpfung von Kies und Gabbro näher behandelt⁴. Die nahe Verknüpfung zahlreicher Kieslagerstätten mit einer *bestimmten Gruppe* der gabbroiden Gesteine wurde zuerst von A. und C. BUGGE erkannt, es ist dies eine Tatsache von großem bergmännischen Interesse. Sehr bemerkenswert ist es, daß Kieslagerstätten des erwähnten Typus bis jetzt noch niemals in Verknüpfung mit gabbroiden Gesteinen des Bergen-Jotun-Stammes gefunden wurden. Die Nickel-Magnetkies-Aussonderungen in Verknüpfung

¹ Verf. Norsk geologisk Tidsskrift, Bd. III, 1915, S. 78. C. F. KOLDERUP, Bergens Museums Aarb. 1914-15, No. 8, S. 207.

² Bømmeløen og Karmøen.

³ W. C. BRÖGGER, Vid.-Selsk. Forh. 1901, Sitzung am 27. Sept.

⁴ Man vergleiche die Litteraturübersicht in BEYSLAG, KRUSCH und VOGT, Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine, Bd. I, 1910, S. 300.

mit basischen Bergen-Jotun-Gesteinen gehören zu einem ganz andern Lagerstättentypus, auch die Bornit-Vorkommen von Indre Sogn sind etwas ganz anderes. Die Verknüpfung der südnorwegischen Schwefelkies-Kupferkies-Vorkommen mit gabbroiden Gesteinen wurde kürzlich auch von O. FALKENBERG¹ in einer inhaltsreichen Studie behandelt.

Die Verbreitung der grünen Laven und Intrusivgesteine.

In diesem Abschnitt soll ein kurzer Überblick über die Verbreitung der grünen Gesteine im behandelten Gebiete gegeben werden.

Die Angaben stützen sich teils auf die vorliegende Litteratur, teils (für die allermeisten Vorkommen) auf Material an Handstücken und Dünnschliffen, welche mir von mehreren Fachgenossen freundlichst geliehen wurden.

Ich richte meinen Dank insbesondere an Herrn Prof. Dr. K. O. BJÖR-LYKKE, Herrn Münzmeister C. BUGGE und Herrn Dr. H. REUSCH, den Direktor von Norges geologiske Undersøkelse, für die Überlassung eines sehr reichen Materials an Handstücken und Dünnschliffen. Für Handstücke und Dünnschliffe der grünen Gesteine aus der Gegend von Haugesund bin ich ferner Herrn Staatsgeologen St. FOSLIE zu Dank verpflichtet, für solche aus dem Gebiet um Otta Herrn Dozenten W. WERENSKIOLD. Ein wertvolles Material der grünen Gesteine ist von Th. KJERULF und dessen Mitarbeitern, ebenso von P. SCHEI, im Trondhjem-Gebiet gesammelt worden.

A. Das Trondhjem-Gebiet.

Hier sind, wie schon längst bekannt, grüne Eruptivgesteine sehr verbreitet. Sie finden sich teils als gabbroid oder diabasartig struierte Intrusivmassen, teils als dichte »Grünsteine«. Daß die letzteren zum großen Teil effusiver Natur sind, wurde schon lange vermutet, gestützt auf die nahe geologische Verknüpfung mit sedimentären Gesteinen zum Teil tuffähnlicher Beschaffenheit. Man vergleiche hierüber die Darlegungen von H. REUSCH², sowie später A. E. TÖRNEBOHM³. Durch die neuen Untersuchungen von P. SCHEI und C. BUGGE ist es sichergestellt, daß effusive Gesteine hier eine große Rolle spielen.

Die Ausbildung als variolithische Pillowlava deutet mit großer Wahrscheinlichkeit auf submarine Ergüsse, ebenso die enge geologische Verknüpfung

¹ Geologisch-petrographische Beschreibung einiger südnorwegischer Schwefelkiesvorkommen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Genesis (Dissert. Clausthal-Berlin), Zeitschr. f. prakt. Geol., Bd. 22, 1914, S. 105.

² Vid.-Selsk. Forh., Kristiania, 1890, No. 7, S. 4.

³ Det centrala Skandinaviens Bergbyggnad, 1896. Kungl. Svenska Vet.-Akad. Handl. Bd. 28, No. 5.

fung mit Jaspismassen, welche nach P. SCHEI wahrscheinlich mit den Radiolarian-Cherts in England und Schottland vergleichbar sind. Unter dem von SCHEI gesammelten Material dieser Jaspismassen finden sich tatsächlich solche, welche im Dünnschliff Radiolarit-ähnliche Strukturen erkennen lassen.

Bezüglich der petrographischen Beschaffenheit der grünen Effusiva im Trondhjem-Gebiet kann ich auf die oben citierten Untersuchungen C. BUGGES verweisen, ferner auf die Angaben von O. FALKENBERG. Ich habe diesen nicht viel Neues hinzuzufügen.

Die ursprüngliche Beschaffenheit der grünen Effusiva kann besonders in den weniger metamorphen Teilen des Trondhjem-Gebiets studiert werden¹. Bei zunehmender Metamorphose gehn die Gesteine unter Neubildung von Chlorit, Zoisit Epidot, Amphibol in Grünschiefer und Amphibolit über, später in feinkörnige pseudodioritische Gesteine.

In enger geologischer Verknüpfung mit den Effusiven im Trondhjem-Gebiet finden sich Lavenkonglomerate, Breccien und Tuffe; letztere sind meistens reich an Epidot, Chlorit, auch Amphibol; sie sind durch alle Uebergänge mit normalen Sedimenten, besonders Sandstein verknüpft. Alle diese Gesteine habe ich auf der beifolgenden Karte mit derselben Farbe bezeichnet, da sie in metamorphem Zustande kaum mehr unterscheidbar sind. Mit derselben Bezeichnung habe ich auch solche Intrusivmassen dargestellt, welche wegen ihrer geringen Korngröße nicht mehr sicher von den Effusiven abgetrennt werden können. Besonders in dem Gebiete um die Gruben von Lökken, Meldalen, dürfte ein nicht kleiner Teil der feinkörnigen Eruptivmassen intrusiver Natur sein.

Das Vorkommen von Topfsteinen an mehreren Stellen im Komplex der grünen Laven des Trondhjem-Gebiets könnte auf Beteiligung von Paläopikriten an Ergüssen oder hypabyssischen Intrusionen zurückgeführt werden.

In der Hauptsache sind die effusiven Gesteine des Trondhjem-Gebiets in zwei großen Zügen gesammelt, welche bereits von C. BUGGE dargestellt wurden, einem östlichen und einem westlichen; beide können recht weit nach Süden verfolgt werden, bis in die Gegend um Otta im centralen Norwegen, wo bereits K. O. BJÖRLYKKE² ihr Auftreten betont.

Die intrusiven Gesteine des Stammes sind im Trondhjem-Gebiet Gabbros, Olivingabbros, mehr oder weniger grobe Diabase, samt Peridotite.

¹ Man vergleiche des Verf. Karte über die Regionalmetamorphose im Trondhjem-Gebiet, Vid. Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1915, No. 10, Tafel II; hier ist noch der Ausdruck Familie für Stamm gebraucht vergl. oben, S. 5.

² Det centrale Norges Fjeldbygning, Norges geol. Unders. Skr. No. 39, 1905.

In den meisten Fällen sind diese Intrusiva saussuritisiert, uralitisiert, respektive serpentinisiert. Schon oben erwähnt ist die Verknüpfung zwischen den intrusiven grünen Gesteinen und den Schwefelkies-Kupferkies-Lagerstätten.

Die Verbreitung der intrusiven Gesteine ist auf der Uebersichtskarte dargestellt, soweit das vorliegende Material dies erlaubt. Wie oben erwähnt, ist die sichere Unterscheidung zwischen effusiven und intrusiven Gesteinsmassen of schwierig, ganz besonders in metamorphen Facies. Schwierig ist auch die Abgrenzung gegen gabbroide Gesteine aus dem Opdalit-Trondhjemit-Stamm. Bei näherer Untersuchung dürfte es sich wohl herausstellen, daß in dem großen Zuge basischer Gesteine im nordöstlichen Teile des Gebiets auch gabbroide Typen des Opdalit-Trondhjemit-Stammes vertreten sind. Vorläufig habe ich die Amphibolite, Saussuritgabbros, Olivingabbros und Olivindiabase der Strecke Koppang-Aursunden-Meraker sämtlich zum Stamme der grünen Gesteine gerechnet, dem sie jedenfalls in den allermeisten Fällen angehören.

Ein schwieriges Problem bietet auch die Zugehörigkeit der Peridotite und daraus entstandener Serpentine derselben Gegend. Zum Teil gehören sie sicherlich zum Komplex der grünen Intrusive, wie sich aus der engen räumlichen Verknüpfung schließen läßt; man vergleiche C. BUGGES Eintragungen auf der geologischen Karte der Gegend¹, zum Teil dürften sie mit dem Opdalit-Trondhjemit Stamme genetisch verbunden sein (siehe diesen). Ich habe daher die Peridotite beider Stämme vorläufig mit derselben Farbe anf der Karte bezeichnet. Sie enthalten oft magmatische Ausscheidungen von Chromeisenerz.

B. Die Westküste.

Die grünen Gesteine des Trondhjem-Gebiets entsenden Ausläufer bis zur Westküste. So enthält der lange schmale Streifen kambrosilurischer Sedimente, welcher sich bis zum Surendalfjord erstreckt, in seinem mittleren Teil die grünen effusiven und intrusiven Gesteine des hier behandelten Stammes. Vertreter desselben Gesteinsstammes finden sich auch als große Bruchstücke in den jüngeren Tiefengesteinen der Insel Smölen südlich der Mündung des Trondhjemfjords².

Weiter südlich, in den kambrosilurischen Gebieten zwischen der Halbinsel Stat und der Mündung des Sognefjords sind die grünen Gesteine dessel-

¹ Norges geol. Unders. Skr. No. 74, 1915.

² Man vergleiche J. SCHETELIG, Hitteren og Smölen, Norsk geologisk Tidsskrift, Bd. II, 1913, No. 10. H. REUSCH Hitteren og Smölen Geologi, Norges geol. Unders. Aarb., 1914, No. 4. O. HOLTEDAHN, Fossiler fra Smölen, Norges geol. Unders. Aarb. 1914, No. 5.

ben Stammes ebenfalls vertreten. Man findet zahlreiche Angaben über ihr Vorkommen in der vorliegenden Litteratur ¹.

Es handelt sich hier teils um dichte grüne Gesteine, in enger Verbindung mit sicheren Sedimenten, offenbar Effusiva und Tuffe, teils um intrusive gabbroide Gesteine. Auch die Verknüpfung mit Schwefelkies-Kupferkies-Vorkommen wird hier beobachtet.

Von der Mündung des Sognefjords bis zu der des Hardangerfjords erstreckt sich das Gebiet der Bergen-Bögen. Auch hier sind die grünen Effusiva und Intrusiva reich vertreten. Wir kennen die Gesteine dieser Art teils aus H. REUSCHS grundlegenden Untersuchungen ², teils aus C. F. KOLDERUPS Studien über die Labradorfelse des westlichen Norwegens ³, besonders aber durch KOLDERUPS neue Monographie über die Geologie des Bergen-Gebiets ⁴.

Hier werden die intrusiven und effusiven Gesteine des Stammes eingehend beschrieben, ferner die begleitenden Tuffe und Konglomerate. Für die deutlich körnigen Gesteine des Stammes werden die Namen Saussuritgabbro und Saussuritdiabas gebraucht, entsprechend der Umwandlung des Plagioklases.

Auch die Serpentine dieses Gebiets dürften größtenteils demselben Stamme angehören. Bezüglich aller petrographischen Einzelheiten kann auf KOLDERUPS Beschreibung verwiesen werden.

Südlich der Bergen-Bögen finden wir die Fortsetzung derselben grünen Gesteine an der Mündung des Hardangerfjords, auf dem Festlande bei Haugeund, sowie vor allem auf den vorgelagerten Inseln. Wir besitzen für diese Gegend die Monographie von H. REUSCH ⁵, welche auf das Ausführlichste das geologische Auftreten der grünen Gesteine und ihre mikroskopische Beschaffenheit behandelt. Es sei an dieser Stelle besonders auf die Aehn-

¹ Th. HIORTDAHL und M. IRGENS, Om de geologiske Forhold paa Kyststrækningen av Nordre Bergenhus Amt, Universitetsprogr., 1864, 2. Kristiania.

H. REUSCH, Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 26, 1881, S. 108.

O. HAGEN, Reiser for den geologiske Undersøgelse, Sommeren 1880, Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 27, 1883, S. 64.

O. FALKENBERG l. c.

² H. REUSCH, Silurfossiler og pressede Konglomerater i Bergensskifrene, Universitetsprogr., 1883, 1., Kristiania. Siehe auch Th. HIORTDAHL und M. IRGENS, Geologiske Undersøgelser i Bergens Omegn, Universitetsprogr., 1862, 2., Kristiania.

³ C. F. KOLDERUP, Die Labradorfelse des westlichen Norwegens II, Bergens Mus. Aarb., 1903, No. 12, siehe auch desselben Verfassers: Et orienterende Niveau i Bergensskifrene, Bergens Mus. Aarb., 1897, No. 12, ferner H. Reusch und C. F. Kolderup, Fjeldbygningen og Bergarterne ved Bergen, Bergens Museums Aarb., 1902, No. 10.

⁴ C. F. KOLDERUP, Fjeldbygningen i Strøket mellem Sørfjorden og Samnangerfjorden i Bergensfeltet, Bergens Mus. Aarb., 1914 - 15, No. 8.

⁵ Bømmeløen og Karmøen, spätere Ergänzungen auch in Norges geol. Unders. Skr. No. 64, 1913.

lichkeit mit den entsprechenden Gesteinen des Trondhjem-Gebiets hingewiesen, eine Tatsache, auf welche bereits H. REUSCH, P. SCHEI und C. BUGGE aufmerksam gemacht haben.

Bemerkenswert ist es, daß auch hier dieser Gesteinsstamm von Schwefelkies-Kupferkies-Vorkommen begleitet wird.

An einigen Stellen sind die grünen Effusivgesteine in fast unmetamorphem Zustande erhalten, wie REUSCH (l. c.) gefunden hat.

Noch weiter nach Süden fand ich die Fortsetzung derselben Gesteine auf vielen der Inseln im Boknfjord nördlich und nordöstlich der Stadt Stavanger. Auch die kleinen Inseln westlich der Stavanger-Halbinsel bestehen, wie ich gefunden habe, wesentlich aus denselben Gesteinen. Ich werde in einer späteren Publikation ausführlicher auf die grünen Gesteine des Stavanger-Gebiets zurückkommen.

Bezüglich der Uebersichtskarte sei bemerkt, daß auch für das westliche Norwegen eine strenge Sonderung effusiver und intrusiver grüner Gesteine an vielen Stellen noch schwierig erscheint, auch für diese Gebiete ist die Karte gewiß noch unvollkommen.

Mit derselben Bezeichnung wie die intrusiven grünen Gesteine habe ich die große Masse von Gabbro und Gabbroporphyr auf der Karte eingetragen, welche im südlichen Teil der Folgefonn-Halbinsel und deren Umgebung auftritt. Nach J. REKSTAD¹, dem wir die geologische Kenntnis des Gebiets verdanken, durchsetzt diese Eruptivmasse sowohl das Grundgebirge, wie die angrenzenden Phyllite des Untersilurs. Der Gabbroporphyr wird nach REKSTAD stellenweise von sauren Granuliten durchsetzt. An mehreren Stellen treten Labradorfels-ähnliche Gesteine in Begleitung des Gabbros auf. Dies könnte auf Beziehungen zum Stamme der Bergen-Jotun-Gesteine deuten. Jedoch zeigten Dünnschliffe, welche mir von Herrn Staatsgeologen J. REKSTAD freundlichst geliehen wurden, keinerlei Ähnlichkeit mit Bergen-Jotun-Gesteinen, wohl aber mit den grünen Intrusiven des hier behandelten Stammes.

Zum Stamme der grünen Gesteine rechne ich vorläufig die (petrographisch noch wenig bekannten) Serpentine, die zwischen Voss und Böverdalen an der Nordwestseite des großen Faltungsgrabens auftreten. Angaben über diese Serpentine findet man in zwei Publikationen von J. REKSTAD².

¹ Folgefonnshalvøens Geologi, Norges geol. Unders. Aarb., 1907, No. 1, und Geologiske Iagttagelser fra Søndhordland, Norges geol. Unders. Aarb., 1908, No. 4.

² Geologiske Iagttagelser fra Strøket mellem Sognefjord, Voss og Eksingedalen, Norges geol. Unders. Aarb. 1909, No. 1, und Fjeldstrøket mellem Lyster og Boverdalen, Norges geol. Unders. Aarb. 1914, No. 1.

Die chemische Zusammensetzung der grünen Laven und Intrusivgesteine.

Die Gesteine dieses Stammes im südlichen Norwegen sind bis jetzt in chemischer Beziehung noch recht wenig erforscht. Besonders die Kenntnis der effusiven Gesteinstypen war eine sehr geringe. Man konnte nur aus dem mikroskopischen Befunde schließen, daß offenbar basaltische Gesteine in großer Mehrzahl sind. Nur eine alte Analyse von K. M. HAUGAN dürfte auf eines der Effusivgesteine Bezug haben.

Auch C. BUGGE macht auf den bedauerlichen Mangel an chemischen Analysen aufmerksam¹. Ich hielt es daher für wünschenswert, einige Analysen von Effusiven dieses Stammes ausführen zu lassen. Nun sind die hierher gehörigen Gesteine leider meist stark umgewandelt. Selbst an Orten, wo die eigentliche Regionalmetamorphose in den Hintergrund tritt, sind doch die Effusivgesteine in der Regel stark epidotisiert und mit sekundären Karbonaten erfüllt. Auch Uralitisierung ist fast allverbreitet.

Es erschien mir wünschenswert, die Analysen von größeren Gesteinsproben ausführen zu lassen, die zur Erzielung einer Durchschnittsmischung in einer Kugelmühle gemahlen wurden². Da mir selbst kein günstiges Material aus dem Trondhjem-Gebiet zur Verfügung stand, hatte Herr Münzmeister C. BUGGE die große Liebenswürdigkeit, mir einige große Stücke aus seinen Einsammlungen zu übersenden.

Die analysierten Gesteine sind:

I. Spilitischer Grünstein, kissenförmig abgesondert, Hage-Bro bei Stören, gesammelt 1906 durch C. BUGGE. Zur Analyse wurde ein ganzes Kissen von $22 \times 14 \times 10$ cm.³ angewandt. Das Gestein dürfte ursprünglich größtenteils ein Basaltglas gewesen sein, ist jetzt aber stark umgewandelt unter Bildung von Epidot, Chlorit, Amphibol, Albit, Karbonaten. Stellenweise ist jedoch die Struktur des ursprünglichen Glases und seiner Krystalliten noch schön erkennbar.

II. Variolithischer Grünstein, kissenförmig abgesondert, Lökken-Grube, Meldalen, gesammelt von C. BUGGE 1908. Zur Analyse wurde ein fast ganzes Kissen von $30 \times 15 \times 9$ cm.³ Größe benutzt. Das Gestein zeigte peripherisch sehr schöne Variolithstruktur, der Kern war dicht. Am Dünnschliff erkannte man sehr starke Karbonatisierung sowohl des Kerns wie der Hülle unter gleichzeitiger Ausscheidung von Epidot und Chlorit. Ursprünglich dürfte ein sehr glasreiches Gestein vorgelegen haben (zumal peripherisch).

¹ Rennebu, Norges geol. Unders. Skr. No. 56, 1910.

² Dies wurde von Norsk kemisk Bureau, Kristiania ausgeführt.

Zum Vergleich mit diesen grünen Effusivgesteinen des Trondhjem-Gebiets gebe ich unter III die Analyse eines grünen Amphibolitschiefers aus dem Stavanger-Gebiet (Naversnes, Finnö), welcher durch Regionalmetamorphose aus einem Effusivgestein desselben Stammes gebildet ist (die nähere Beschreibung dieser Gesteine werde ich in der Publikation über das Stavanger-Gebiet bringen).

Alle drei Analysen wurden von Herrn Chemiker OLAF RÖER, Norsk kemisk Bureau, Kristiania, ausgeführt.

Wahrscheinlich ebenfalls effusiv ist der feinkörnige Grünstein des Gynneldfeld (im Nordostviertel des Rektangelblatts Rennebu), dessen Analyse, ausgeführt von K. M. HAUN, von Th. KJERULF¹ veröffentlicht wurde. Ich habe diese (unvollständige) Analyse unter IV angeführt.

Zum Vergleiche ist unter V die Durchschnittszusammensetzung basaltischer Gesteine wiedergegeben, wie sie von R. A. DALY² berechnet worden ist, unter VI die Mittelzusammensetzung der Gabbros nach demselben Verfasser.

Effusive grüne Gesteine.

	I	II	III	IV	V	VI
	Kissenlava, Hage-Bro, Storen. Trondhjem- Gebiet.	Kissenlava, variolithisch, Lokken-Grube Trondhjem- Gebiet.	Amphibolit- schiefer, Naversnes, Finnö, Stav- anger-Gebiet.	Grünstein, Gynneldfeld.	Durch- schnitt der Basalte, DALY.	Durch- schnitt der Gabbros, DALY.
SiO ₂	47,78	38,07	47,11	46,71	49,06	48,24
TiO ₂	1,40	0,66	0,67		1,36	0,97
Al ₂ O ₃	14,95	13,71	19,75	14,73	15,70	17,88
Fe ₂ O ₃	3,45	1,72	2,30		5,38	3,16
FeO	5,26	4,50	4,59	13,45	6,37	5,95
MnO	0,13	0,12	0,08		0,31	0,13
MgO	5,38	4,64	7,73	8,64	6,17	7,51
CaO	11,87	16,12	11,67	9,17	8,95	10,99
BaO	0,00	0,00	0,00			
Na ₂ O	2,95	2,98	2,80	3,29	3,11	2,55
K ₂ O	0,21	2,43	0,80	0,78	1,52	0,89
P ₂ O ₅	0,11	0,07	0,10		0,45	0,28
CO ₂	3,30	11,71	0,00			
S	Spur	0,04	0,02			
H ₂ O—105°	0,06	0,11	0,07			
H ₂ O + 105°	3,06	3,27	1,72	2,67 ³	1,62	1,45
	99,91	100,15	99,41	99,44		

¹ TH. KJERULF, Om Trondhjems Stifts Geologi, Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 18, 1871, S. 49.

² R. A. DALY, Geology of the North-American Cordillera at the Forty-Ninth Parallel, Part II, p. 685, Can. Geol. Surv. Mem. 38, 1912, auch veröffentlicht in Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, Vol 45, 1910 p. 211, Washington.

³ Glühverlust.

In dem Gestein der Analysen I und II wurden kleine Mengen Chrom und Vanadium nachgewiesen, Spuren von Kupfer.

Die Analysen I, III und IV zeigen ausgesprochen basaltisch-gabbroiden Chemismus der grünen Effusivgesteine. Die Analyse II ist weniger massgebend für die Beurteilung des Gesteinschemismus, da der Variolith offenbar sehr stark hydrothermal umgewandelt ist, und es sich vorläufig nicht entscheiden läßt, ob außer der Aufnahme von H_2O und CO_2 auch andere Veränderungen des Chemismus stattgefunden haben.

In der vorliegenden Litteratur finden sich auch einige Analysen intrusiver grüner Gesteine. Diese zeigen teils gabbroide, teils peridotitisch-pyroxenitische Zusammensetzung. Ich habe dieselben in den folgenden zwei Tabellen zusammengestellt.

- I. Grobkörniger Grünstein zwischen der Lökken-Grube und Fagerlid, nach K. M. HAUG bei TH. KJERULF ¹.
- II. Saussuritgabbro, Hestekletten, Storvarts, Røros nach TH. HIORTDAHL und FR. Lindemann ².
- III. Saussuritgabbro, Midtsæterfjeld, Bergen-Gebiet nach TH. HIORTDAHL und M. IRGENS ³.
- IV. Olivingabbro, Skeie, Bergen-Gebiet nach LILLEJORD bei C. F. KOLDERUP ⁴.

Gabbroide grüne Gesteine.

	I	II	III	IV
SiO ₂	45,92	46,62	46,01	45,47
TiO ₂				0,18
Al ₂ O ₃	12,38	15,15	22,57	19,32
Fe ₂ O ₃				0,50
FeO	14,45	12,85	2,79	4,22
MgO	7,20	9,84	7,42	10,09
CaO	8,89	11,81	17,77	16,70
Na ₂ O	4,60	2,60	1,71	2,32
K ₂ O	1,80	0,50	n. best.	0,64
P ₂ O ₅				0,35
Glühverl.	1,32		0,96	
	101,17 ⁵	99,96 ⁶	99,23	100,00 ⁷

Die Analysen II und IV sind offenbar auf wasserfreie Substanz berechnet.

¹ Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 18. 1871, S. 49.

² Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 23, 1877, S. 228.

³ Universitetsprogr. 1862, 2., S. 22.

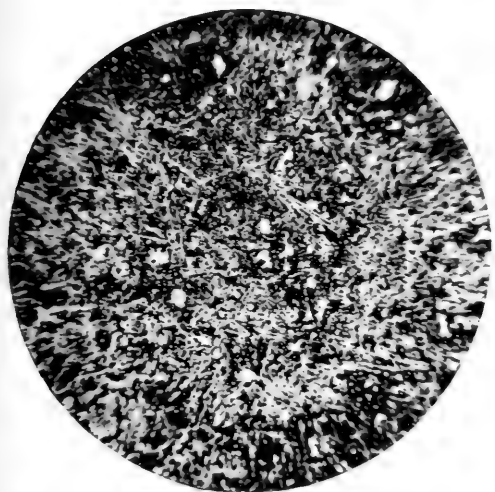
⁴ Bergens Mus. Aarb., 1903. No. 12, S. 99.

⁵ Incl. 0,69 $\frac{0}{10}$ Pyrit, 3,92 $\frac{0}{10}$ Magnetit.

⁶ Incl. 0,59 $\frac{0}{10}$ MnO.

⁷ Incl. 0,21 $\frac{0}{10}$ S.

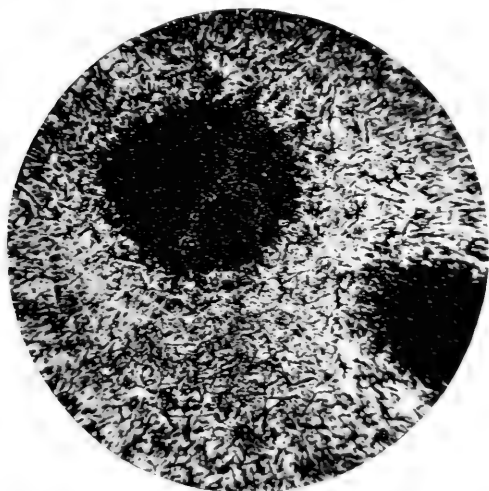
Grüne Gesteine.



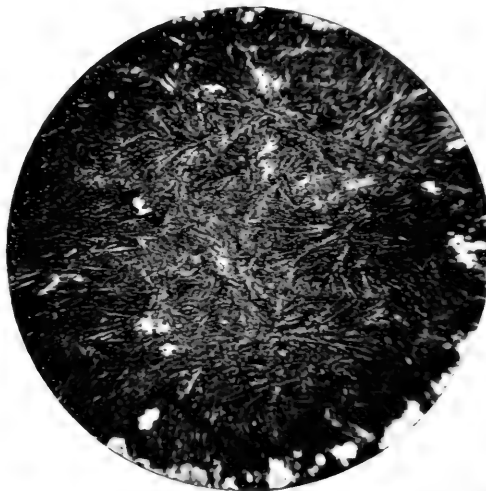
Diabas (Spilit), Mitte eines „Kissens“, Løkken-Grube, Meldalen, Trondhjem-Gebiet. Vergr. 16.



Dasselbe Gestein wie Fig. 1, aber Nicols $\frac{1}{2}$.



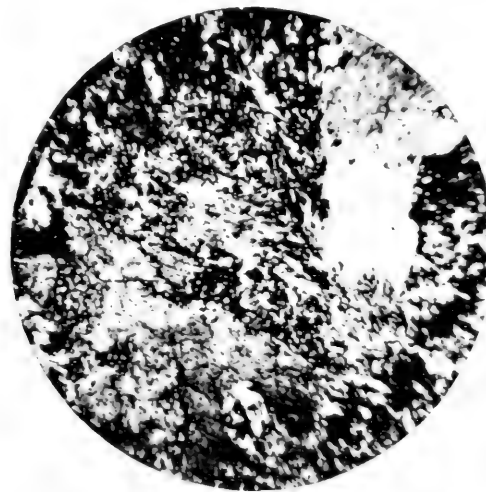
Variolith, Rand eines „Kissens“, Iglesjeld, Rennebu, Trondhjem-Gebiet. Vergr. 16.



Sphärolithischer Spilit, Bruchstück in Breccie, Gaustadbakken, Høilandet, Trondhjem-Gebiet. Vergr. 16.



Fächerförmiges Plagioklasaggregat in „Grünstein“, Mørsvand, Høilandet, Trondhjem-Gebiet. Vergr. 16.



Saussurit-Uralit-Gabbro, Hosk'etten, Røros, Trondhjem-Gebiet. Nicols —. Vergr. 16.



Der Chemismus ist somit, soweit man aus älteren unvollständigen Analysen schließen darf, durchwegs ein gabbroider. Auffällig ist in den Gesteinen aus dem Bergen-Gebiet der hohe Gehalt an Tonerde und Kalk, der, wie schon KOLDERUP bemerkt, auf Beziehungen zu den Labradorfelsen des Bergen-Jotun-Stammes deuten könnte.

Von den Peridotiten und Pyroxeniten des Stammes liegen einige wenige Analysen vor, und zwar durch KOLDERUPS Untersuchungen über das Bergen-Gebiet. Es sind dies Analysen von Serpentin und Topfstein, welche nach KOLDERUP teils aus Pyroxeniten, teils aus Harzburgiten und Olivingesteinen entstanden sind.

- I. Serpentin, Rödholmen, Lindaas, nach LEIVESTAD bei KOLDERUP ¹.
- II. Serpentin, Haga nach P. R. SOLLIED bei KOLDERUP ².
- III. Topfstein zwischen Hisdal und Aadland, nach P. R. SOLLIED bei KOLDERUP ².

Serpentin etc.

	I	II	III
SiO ₂	38,21	38,84	37,15
Al ₂ O ₃	3,25	0,60	0,94
Cr ₂ O ₃		0,35	0,49
Fe ₂ O ₃	3,56	4,76	3,96
FeO	4,66	3,01	2,97
MnO	Spur		
MgO	37,60	44,52	37,27
CaO		Spur	2,01
Na ₂ O	1,40	0,71	0,40
K ₂ O	Spur	0,21	0,16
H ₂ O	11,75	8,12 ³	15,11 ³
	100,43	101,12	100,46

Von den Peridotiten im Trondhjem-Gebiet und deren Derivaten gibt es leider noch keine Analysen.

¹ Bergens Mus. Aarb., 1903, No. 12, S. 75.

² Bergens Mus. Aarb., 1914—15, No. 8, S. 135.

³ Glühverlust.

Die geologische Lagerungsform der grünen Laven und Intrusivgesteine.

Die grünen Laven, Agglomerate, Tuffe und Lavakonglomerate finden sich in geologischem Verbands mit unzweifelhaften Sedimenten. Die Kissenlaven, welche von roten Jaspismassen begleitet werden, müssen wie die analogen Gesteine Großbritanniens als submarine Ergüsse gedeutet werden, wie schon P. SCHEI und C. BUGGE betont haben. Schon die Kissenform, verknüpft mit variolithischer Ausbildung, wird von den meisten Geologen als sicheres Kriterium subaquatischer Ergüsse angesehen. Die Begleitung durch Jaspismassen, welche oft die Zwischenräume der Lavakissen erfüllen, ist eine weitere Bestätigung derselben Annahme¹. Die Begleitung der Laven durch unzweifelhafte Lavenkonglomerate zeigt übrigens, daß Teile der effusiven Massen zum mindesten zeitweilig der Erosion ausgesetzt waren.

In der Tektonik folgen die grünen Effusivgesteine dem Streichen und Fallen der umgebenden Sedimente. So zeigen sie im Trondhjem-Gebiet zwei Hauptverbreitungstreifen, entsprechend dem muldenähnlichen Bau des Gebiets. Im Südzipfel des Trondhjem-Gebiets, wo dieses in die Gegend von Otta herunterreicht, folgen die grünen Gesteine den mannigfaltigen Biegungen der Sedimente, in welchen sie eingelagert sind.

Die innerhalb der Sedimente erstarrten Massen desselben Stammes bilden, soweit ihre Form näher bekannt ist, Lagergänge oder lakkolithische Massen. Ich kann hier auf C. BUGGES Kartierungsarbeiten im östlichen Teil des Trondhjems-Gebiets verweisen, welche diese Lagerungsform deutlich zeigen. Auch die grünen Intrusive des westlichen Norwegens scheinen vorzugsweise den Strukturebenen der umgebenden Sedimente zu folgen.

Als Intrusionsniveau kommen die älteren und mittleren Abteilungen des Kambrosilurs in Betracht, im Gebiete von Österdalen auch eokambrische Sparagmite.

Ganz besonders häufig finden wir die intrusiven Massen zwischen den Effusivgesteinen desselben Stammes eingedrungen. Die kartographische Sonderung zwischen effusiven und intrusiven Gesteinsmassen ist dann öfters schwierig, besonders wenn Regionalmetamorphose die primären Strukturzüge teilweise oder ganz zerstört hat.

¹ Über diese Fragen existiert eine reiche Litteratur. Viele Angaben finden sich in den auf S. 21 zitierten Werken über die silurischen Laven von England, Wales und Schottland, siehe auch E. GREENLY, Quart. Journ., Bd. 57, 1902, S. 425, H. S. WASHINGTON, Am. Journ. of Science, Bd. 27, 1909, S. 131.

Bei kleineren Massen der grünen Gesteine ist auch die Form als durchsetzende Gänge nicht selten, besonders bei hypabyssischen Vorkommen innerhalb der Effusivmassen oder in deren Nähe, doch auch in tieferen Horizonten.

Als Beispiel von Gangvorkommen mögen die mannigfaltigen alten diabasartigen Gänge im Gebiete von Bømmeløen und Karmøen erwähnt werden, deren Beschreibung wir in H. REUSCHS Monographie finden.

Das Alter der grünen Laven und Intrusivgesteine.

Die Gesteine dieses Stammes im kaledonischen Gebirge zwischen Stavanger und Trondhjem dürften fast durchwegs silurisches Alter besitzen.

Sie sind unzweifelhaft jünger als die ältesten Ablagerungen der eokambisch kambrosilurischen Schichtenreihe, dagegen älter als zum mindesten die späteren Stadien der kaledonischen Gebirgsbildung, da sie selbst von den tektonischen Bewegungen stark betroffen wurden, und in metamorphen Kambrosilurgebieten selbst aufs stärkste umgewandelt sind.

Zu einer näheren Bestimmung des Alters innerhalb des eben erwähnten Zeitraumes besitzen wir verschiedene Anhaltspunkte.

Im Südwesten unseres Gebiets ist durch H. REUSCH¹ die nahe Verknüpfung der effusiven Gesteine mit fossilführenden Sedimenten nachgewiesen, deren Fauna nach J. KLÆR² vom höchsten Untersilur bis zum untersten Obersilur reicht (entsprechend den Etagen 5 a—6 c im Kristiania-Gebiet). Die grünen Eruptivgesteine dürften teils ungefähr gleichaltrig mit diesen Sedimenten sein, teils jünger. Der Beginn der Eruptionsperiode kann nicht sehr tief in das Untersilur herabreichen, denn die schwarzen und grauen Phyllite, welche hier das Äquivalent von Kambrium und einem Teil des Untersilurs bilden, zeigen noch nicht die geringste Beimengung vulkanischen Materials.

Im Gebiete von Otta im zentralen Norwegen kommen wir zu einem ähnlichen Resultat. Die untersilurischen, graptolithenführenden Phyllite zeigen keinerlei Beimengung eruptiven Materials, dagegen ist Material grüner Eruptivgesteine in den Serpentin- und Hornblende-Konglomeraten derselben Gegend reichlich vorhanden. Im Serpentinkonglomerat fand

¹ Silurfossiler og pressede Konglomerater i Bergensskifrene, Univ. Progr. Kristiania 1882. 1. Bømmeløen og Karmøen 1888.

² Das Obersilur im Kristiania-Gebiet. Vid. Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1908, B. II, S. 543—545. Über die Verbreitung und geologische Position der fossilführenden Schichten siehe auch besonders die Arbeiten von KOLDERUP, Bergens Mus. Aarb. 1897 u. 1914—1915.

man bekanntlich einen großen Gastropoden, welcher dem obersten Untersilur angehören dürfte¹. Bereits BJÖRLYKKE betonte die Analogie mit den grünen Konglomeraten des Bergen-Gebiets.

Für das eigentliche Trondhjem-Gebiet ist eine Altersbestimmung der grünen Effusiva nicht ganz leicht, so lange die Beziehungen der grünen Gesteine zu den fossilführenden Sedimenten von Høilandet umstritten werden können. Diese Sedimente gehören, nach der neuesten Revision der Fauna², zu den obersten Schichten des Untersilurs (entsprechend den Etagen 5 a und b). Nach TH. KJERULF und C. BUGGE wäre die überwiegend effusive Stören-Gruppe jünger als die fossilführenden Sedimente von Høilandet, nach A. E. TÖRNEBOHM hingegen älter. Für erstere Auffassung spricht unter anderm die Tatsache, daß die fossilführenden Sedimente selbst von Grünsteinen durchsetzt werden³, für letztere die geologischen Verhältnisse an der Westgrenze des Trondhjems Gebiets, wo die grünen Gesteine, soweit bis jetzt bekannt, nicht von den Sedimenten der Høiland-Gruppe unterlagert werden. Wir können demnach nur sagen, daß ein Teil der grünen Gesteine im Trondhjem-Gebiet jünger ist als das oberste Untersilur, wobei die Möglichkeit bleibt, daß ein anderer Teil älter sei. In den oben zitierten Arbeiten von BUGGE findet man nähere Angaben über die Gründe, die zugunsten der verschiedenen Auffassungen geltend gemacht werden können. Möglicherweise hat die Eruptionswirksamkeit im Trondhjem-Gebiet bedeutend früher begonnen als im südwestlichen Norwegen⁴.

Es ist wahrscheinlich, daß sich die eruptive Wirksamkeit der grünen Gesteine im südlichen Norwegen über einen recht langen Zeitraum erstreckt hat. Wir finden Gabbros, grobe Diabase und andere Gesteine intrusiv innerhalb der effusiven Gesteinskomplexe. Höchstwahrscheinlich hat sich in großen Teilen des Gebiets die Effusion und Intrusion der grünen Gesteine vom oberen Teil des Untersilurs bis in das Obersilur hinauf erstreckt.

Anhaltspunkte zur Altersbestimmung könnte man auch durch einen Vergleich mit andern Teilen des kaledonischen Gebirges gewinnen. Bereits H. REUSCH, später P. SCHEI und C. BUGGE haben auf die Analogie der

¹ Siehe W. C. BRÖGGER, Norsk geologisk Tidsskrift, Bd. I, No. 13, 1910, S. 18, und K. O. BJÖRLYKKE, Det centrale Norges Fjeldbygning.

² J. KLÆR: Kalstadkalken, Norsk geologisk Tidsskrift, I, No. 3, 1905, Das Obersilur im Kristiania-Gebiet, S. 545—546.

³ Siehe W. C. BRÖGGER: Om Trondhjemsfeltets midlere Afdeling mellem Guldalen og Meldalen, Vid. Selsk. Forh. Kristiania, 1877, No. 2.

⁴ Über die Gründe, welche für eine sehr frühe Eruptivtätigkeit in manchen Teilen des Trondhjem-Gebiets sprechen könnten, vergleiche man K. O. BJÖRLYKKE, Det centrale Norges fjeldbygning, S. 155 und 404.

norwegischen grünen Gesteine mit entsprechenden Eruptiven im Silur von England, Wales und Schottland hingewiesen. Auch dort findet man basaltische Kissenlaven in Begleitung von Jaspisgesteinen. Nach den vorliegenden Beschreibungen sind diese Vorkommen in petrographischer Beziehung sehr nahe mit den norwegischen verwandt, um nicht zu sagen identisch¹.

Die Übereinstimmung der Eruptionszeit mit derjenigen der norwegischen grünen Gesteine ist jedoch keine so nahe, wie man vielleicht erwarten sollte. Die Haupterupsionsperiode der grünen Gesteine in Großbritannien ist das untere Untersilur (Arenig), zum Teil sogar schon das Kambrium. Am nächsten ist noch die zeitliche Übereinstimmung der norwegischen grünen Gesteine mit den Eruptiven von Schottland, die bis in das obere Untersilur hinaufreichen. Die Konglomerate mit Geröllen von Laven und basischen Intrusiven im Girvan-Distrikt wären dann vielleicht mit den grünen Konglomeraten von Otta zu vergleichen.

Es kann kaum daran gezweifelt werden, daß die Eruption der grünen Gesteine in Wales, England und Schottland früher begonnen hat als im südwestlichen Norwegen. Bezüglich der grünen Gesteine im Trondhjem-Gebiet fehlen uns noch die sicheren Daten zu einer zeitlichen Parallelisierung, doch sind auch sie jedenfalls teilweise jünger als die analogen Gesteine in Großbritannien.

Die obersilurischen Effusivgesteine, welche aus dem Westen von Irland beschrieben werden, scheinen einem fremden Gesteinsstamme anzugehören.

Als Eruptionszeit der meisten norwegischen grünen Gesteine erhalten wir demnach die Zeit am Ende des Untersilurs und bis in das Obersilur hinein, somit die Anfangszeit der kaledonischen Gebirgsbildung. Während der Intrusion vieler Gabbrogesteine, welche diesem Stamme angehören, dürften die tektonischen Bewegungen bereits vielerorts beträchtlich gewesen sein, es zeigt sich dies in der Tatsache, daß die begleitenden intrusiven Kiesmassen schon den Verschiebungsebenen folgen können, wie dies von J. H. L. VOGT für manche Vorkommen nachgewiesen wurde.

Ob zwischen der Intrusion der grünen Gesteine und der Gebirgsbildung ein *ursächlicher* Zusammenhang besteht, erscheint noch zweifelhaft, da ja in England und Wales dieselben grünen Gesteine schon bedeutend früher auftreten.

¹ Man vergleiche A. GEIKIE, The Ancient Volcanos of Great Britain, Vol. I, S. 176—256, vor allem Silurian Rocks of Britain, B. N. PEACH, J. HORNE, J. J. H. TEALL, Vol. I, Scotland, 1899, S. 84—91, 428—484.

DER STAMM DER BERGEN-JOTUN-GESTEINE.

Das Hauptverbreitungsgebiet dieser Gesteine erstreckt sich fast zusammenhängend von der Gegend zwischen Sognefjord und Hardangerfjord im Südwesten bis zur linken Seite des Gudbrandsdals im Nordosten. Außerdem sind Gesteine dieses Stammes in den Bergen-Bögen reich vertreten, auch weiter nördlich, zwischen dem Dalsfjord und dem Fördefjord kommen sie vor.

Die Gesteine dieser Gruppen bilden ein Beispiel eines auf das mannigfaltigste differenzierten und dabei sicher genetisch verbundenen Stammes.

Ein großer Teil des Gebiets wird von dem »Jotun-Norit« eingenommen, einem Gestein von intermediärem Kieselsäuregehalt, welches neben Plagioklas reichliche Mengen von Kalifeldspat enthält, in der Regel auch etwas Quarz, während als dunkle Minerale zweierlei Pyroxen und Biotit auftreten.

Die übrigen Tiefengesteine des Stammes können schematisch als Spezialfälle des Jotun-Norits betrachtet werden, mit Anreicherung eines oder mehrerer von dessen Mineralen, ohne daß aber hiermit schon an dieser Stelle eine Meinung über den tatsächlichen Verlauf der Spaltungsvorgänge geäußert sei.

Basischer als der Jotun-Norit und reicher an dunklen Mineralen sind normale Norite, Gabbros, Olivindiabase, sowie die ganz basischen Spaltungsprodukte Pyroxenit und Peridotit, samt begleitenden Magnetkiesmassen (seltener Titaneisen). Ein basisches leukokrates Differentiationsprodukt ist der Labradorfels.

Intermediäre Tiefengesteine sind neben Jotun-Norit Mangerite, Hypersthensyenite und Biotitsyenite, sowie monzonitartige Gesteine.

Saure Gesteine sind durch eine große Anzahl granitischer Typen vertreten, denen (im unmetamorphen Zustande) sämtlich ein mikroperthitischer Feldspat gemeinsam ist.

Im Folgenden werde ich versuchen, eine ganz kurze Beschreibung der Haupttypen zu liefern. In vielen Punkten stütze ich mich auf die vorliegende Litteratur, speziell für die Gesteine der Bergen-Bögen, von denen ich selbst nur einige wenige untersucht habe, da durch die ausgezeichneten Untersuchungen von KOLDERUP eine ganz zeitgemäße Beschreibung der Gesteinstypen mit zahlreichen Analysen schon vorlag. Für das große Gebiet zwischen dem Hardangerfjord und Gudbrandsdalen lag durch die Arbeiten von K. O. BJÖRLYKKE und J. REKSTAD schon ein großes und

wertvolles Beobachtungsmaterial vor, beide haben durch Überlassung von Dünnschliffen und Gesteinen meine petrographische Bearbeitung sehr gefördert, wofür ich ihnen auch an dieser Stelle bestens danken möchte. Ebenso danke ich Herrn Dr. H. REUSCH für die gütige Überlassung von Gesteinen aus dem Gebiet zwischen Hemsedalen und Valdres, Herrn Dozenten W. WERENSKIOLD für Gesteine von Gudbrandsdalen und Hedalen.

Auch das sehr reiche Material des geologischen Museums¹ stand mir zur Verfügung, wofür ich dem Direktor desselben, Herrn Prof. Dr. W. C. BRÖGGER, meinen aufrichtigen Dank ausspreche.

Eigene Einsammlungen in den Gebieten dieses Gesteinsstammes habe ich in den Sommern 1911, 12 und 15 vornehmen können.

Die Fülle des Materials ermöglichte eine recht eingehende petrographische Untersuchung des vorliegenden Gesteinsstammes. Im Folgenden können nur einige der wesentlicheren Ergebnisse auszugsweise wiedergegeben werden. Ich hoffe bei späterer Gelegenheit auf die ausführliche Beschreibung der einzelnen Gesteine zurückkommen zu können.

Basische Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes.

I. Pyroxen-Olivin-Gesteine.

Im ganzen Verbreitungsgebiet der Bergen-Jotun-Gesteine finden wir Peridotite und Pyroxenite als ihre extrem basischen Differentiationsprodukte.

Die Gesteine dieser Art bilden gewöhnlich linsenförmige oder rundliche Massen, eingeschlossen in später erstarrten basischen und intermediären Gesteinen desselben Stammes².

Die Größe variiert von einigen Metern bis zu über einem Kilometer. Auf eine ausführliche Beschreibung der interessanten Gesteine an dieser Stelle muß ich verzichten, da dieselbe zu viel Platz beanspruchen würde, für zahlreiche Vorkommen findet man eine solche bereits in den Publikationen von K. O. BJÖRLYKKE und J. REKSTAD³.

¹ Darunter eine große Anzahl interessanter Gesteine von zahlreichen Gipfeln in Jotunheimen, welche Herr CARL HALL auf seinen Besteigungen gesammelt hat.

² J. REKSTAD berichtet auch von jüngeren Olivin-Pyroxen-Gesteinen, welche gangförmig in gabbroiden Gesteinen von Indre Sogn auftraten (Fjeldstøket mellem Lyster og Boverdalen, Norges geol. Unders. Aarb. 1914, No. 1, S. 29. KOLDERUP berichtet Ähnliches aus den Bergen-Bögen.

³ K. O. BJÖRLYKKE, det centrale Norges Fjeldbygning, Norges geol. Unders. Skr. No. 39, 1905. J. REKSTAD: Fra det nordøstlige av Jotunfjeldene, Norges geol. Unders. Aarb. 1904, No. 6, Fra Indre Sogn, Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7, Geologiske Iagttagelser fra Støket mellem Sognefjord, Eksingedal og Vossestranden, Norges geol. Unders. Aarb. 1909, No. 1, ferner Aarb. 1914, No. 1.

Die wichtigsten primären Bestandteile dieser Gesteinsgruppe sind Olivin, Broncit und monokliner Augit. Der Olivin ist mitunter (doch keineswegs immer) teilweise serpentinisiert und talkisiert, der Broncit zeigt ab und zu Umwandlung in Talk, Chlorit oder farblosen Amphibol, der monokline Augit Uralitisierung. Doch sind solche Umwandlungserscheinungen keineswegs die Regel, im Gegenteil sind viele der Gesteine von vollständigster Frische.

Häufige Nebengemengteile sind kalkreicher Plagioklas (kalkreicher als in vielen andern Bergen-Jotun-Gesteinen), ein primärer brauner Amphibol und Biotit, ferner Ilmenit, Magnetit, Spinell, Chromit und Magnetkies. Die Menge des Magnetkieses kann sehr bedeutend werden, so in den olivin-führenden Pyroxeniten des Espedal-Gebiets, wo auf den pentlandithaltigen Magnetkies ein bedeutender Nikkelgrubenbau getrieben wurde (erstes bekanntes Vorkommen von Eisennickelkies).

Es ist von Interesse, daß dieselben Pyroxenite mit Nickel-Magnetkies-Vorkommen, welche im Espedal-Gebiet als Begleiter der Labradorfelse und Norite auftreten, auch im Bergen-Gebiet bekannt, sind und zwar auf der Strecke Litland-Nonaas auf Osterö, von wo dieselben durch C. F. KOLDERUP eingehend beschrieben wurden¹. Ebendort werden auch magmatische Aussonderungen von Titaneisenerz beschrieben, diese sind mit noritischen Facies der Tiefengesteine verknüpft.

Unter den Pyroxen-Olivin-Gesteinen dieser Familie können verschiedene Typen unterschieden werden, je nachdem, welche oder welches der drei Minerale Olivin, Broncit oder Diallag vorherrscht. Amphibol-Peridotite sind auch nicht selten.

Der Olivin ist in allen diesen Gesteinen optisch negativ mit sehr großem Achsenwinkel, $2V = 80-90^\circ$, meist $85-88^\circ$, letzteres entspräche einem Gehalt an etwa 20 % Molekularprozenten des Fayalitsilikats.

Der rhombische Pyroxen ist ganz entschieden eisenärmer als in den meisten weniger basischen Bergen-Jotungesteinen, sein Achsenwinkel $2V$ schwankt gern um $70-75^\circ$ herum, er scheint im Kern gern größer zu sein als in Hülle. Der höhere Eisengehalt der Hülle zeigt sich auch in stärkerem Pleochroismus. Die angeführten Achsenwinkel entsprechen einem Molekulargehalt an Eisensilikat von etwa 30 %. Er besitzt die üblichen braunen Interpositionen, doch in der Regel weniger schön entwickelt als in andern Bergen-Jotun-Gesteinen.

Es sei hier vermerkt, daß ich die Bezeichnung »rhombischer Pyroxen« vorläufig auf alle Pyroxene der Reihe $\text{FeSiO}_3-\text{MgSiO}_3$ anwende. Ich muß

¹ Die Labradorfelse des westlichen Norwegens. II. Die Labradorfelse und die mit denselben verwandten Gesteine im Bergen-Gebiete, Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12.

jedoch darauf aufmerksam machen, daß in vielen Bergen-Jotun-Gesteinen an den »rhombischen« Pyroxenen eigentümliche feine Streifungen im polarisierten Licht erkennbar sind, die möglicherweise auf nur pseudorhombischer Zwillingsbildung monokliner Individuen beruhen könnten. Es ist jedoch noch nicht festgestellt, ob diese Streifungen einer Zwillingsbildung entsprechen, einer lamellaren Verwachsung rhombischer und monokliner Pyroxene (die unzweifelhaft auch vorkommt, und wohl die wahrscheinlichste Deutung wäre), oder eine optische Anomalie durch Gebirgsdruck darstellt. Ich hoffe bei späterer Gelegenheit auf diese Fragen zurückkommen zu können.

Der Anorthitgehalt des Plagioklases variiert von etwa 50 bis 70 %.

Moderne Analysen der Bergen-Jotun-Peridotite liegen nicht vor. Partielle Analysen einiger hierhergehöriger Gesteine sind von TH. MÜNSTER veröffentlicht worden¹.

Bemerkenswert ist bei diesen Analysen der relativ hohe Eisengehalt (durchwegs ca. 16 % als FeO berechnet), in den allerdings auch etwas Tonerde eingehen dürfte. Jedenfalls ist, wie auch aus der optischen Untersuchung hervorgeht, der Eisengehalt in den Pyroxeniten und Peridotiten des Bergen-Jotun-Stammes höher als in analogen Differentiationsprodukten der grünen Gesteine.

Unter den basischen Differentiationsprodukten der Bergen-Jotun-Gesteine müssen auch die Eklogite aufgezählt werden, welche KOLDERUP² aus dem Bergen-Gebiet beschreibt. Eine Analyse des Eklogits von Landsvik auf Holsenö, ausgeführt von LILLEJORD, ergab nach KOLDERUP (l. c.):

SiO ₂	46,97
TiO ₂	1,48
Al ₂ O ₃	9,99
Fe ₂ O ₃	0,97
FeO	10,54
MgO	11,54
CaO	14,46
Na ₂ O	3,17
K ₂ O	0,28
P ₂ O ₅	0,20
S	0,71
<hr/>	
	100,31

Das Gestein steht in chemischer Beziehung zwischen den normalabbroiden Gesteinen des Gebiets und den pyroxenitischen Spaltungsprodukten.

¹ Dagbog fra Reise i Jotunfjeldene Juli 1882, Nyt. Mag. f. Naturv. Bd. 28, 1884, S. 207—9.

² Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12, S. 70—74.

II. Normale Norite und Gabbros des Bergen-Jotun-Stammes.

Der »Jotun-Norit« entfernt sich in wesentlicher Weise von den typischen Noriten und Gabbros, sowohl was Mineralbestand wie Chemismus anbelangt, indem er durch das Vorkommen von Kalifeldspat und entsprechend hohen Kaligehalt gekennzeichnet wird.

Es finden sich jedoch im Gebiete unseres Eruptivstammes auch solche gabbroide Gesteine, welche jene Besonderheit nicht aufweisen, trotzdem sie in unzweifelhaftem genetischen Verband mit dem »Jotun-Norit« stehn. Im Gegensatz zum Jotun-Norit könnte man diese Gesteine als »normalgabbroide« Typen bezeichnen. Sie finden sich an nicht wenigen Vorkommen, zum Teil als große selbstständige Gesteinskörper, deren lokale Differentiationserscheinungen sich dann gern innerhalb eines normalgabbroiden Rahmens halten (ohne Entwicklung von Mikroperthitnoriten). Jedes dieser größeren Gebiete hat gewöhnlich eine gewisse Sonderart innerhalb der großen gemeinsamen Hauptzüge, deshalb mag eine ganz kurze petrographische Charakterisierung einiger Typen folgen.

Gabbro von Fukhammerne—Dyptjernfjeld—Rødsjøkampen.

Die plattenförmige Eruptivmasse von etwa 12 Km. Länge, 3 Km. Breite besteht wesentlich aus normalem Gabbro. Hauptbestandteile sind isometrische (nicht leistenförmige) Körner von Plagioklas und farbloser Augit mit merkbarer Auslöschungsdispersion (die Dispersion ist schwach, aber immerhin stärker als sonst bei Bergen-Jotun-Augiten). Nebengemengteile sind Biotit und ganz umgewandelter Hypersthen, Apatit ist reichlich vorhanden. Ilmenit ist nicht selten. Bemerkenswert ist die hochgradige Zersetzung des Feldspats in den meisten dieser Gesteine, verglichen mit der oft außerordentlichen Frische des monoklinen Augits¹. In manchen Varietäten findet sich anscheinend primäre (oder wenigstens sehr frühzeitig entstandene) hellbraune oder rotbraune Hornblende, welche den Pyroxen sogar vollständig vertreten kann. In sehr vielen Varietäten finden sich sekundäre Amphibole. Die Gesteinsstruktur ist granitisch-körnig, teils mittelkörnig, teils feinkörnig.

Norit des Espedal-Gebiets.

Zusammen mit den Labradorfelsen des Espedal-Gebiets finden sich Norite, welche mit den Labradorfelsen durch alle Übergänge verknüpft

¹ Vergl. auch die Beschreibung und Abbildung in des Verf. Publikation: Konglomeraterne inden Hoifjeldskvartsen, Norges geol. Unders. Skr. No. 77, 1916.

sind. Sie können als Labradorfelse mit reichlichem Gehalt an rhombischem Pyroxen betrachtet werden, und stehn somit zwischen den Labradorfelsen und den Pyroxeniten derselben Gegend.

Die Norite des Espedal-Gebiets unterscheiden sich von den Fukhammer-Gesteinen durch die viel größere Häufigkeit des rhombischen Pyroxens, welcher den monoklinen Pyroxen an Menge übertrifft. Die Gesteine entsprechen offenbar den »Labradoritnoriten« KOLDERUPS im Ekersund-Soggendal-Gebiet. Der Plagioklas ist stets bedeutend frischer als in den Fukhammer-Gesteinen, er ist sehr kalkreich (basischer Labrador). Der Hypersthen zeigt oft Umwandlung in Talkaggregate; solange er frisch ist, besitzt er lebhaften Pleochroismus.

Als Sekundärbildungen, besonders um Pyroxene und Eisenerz, finden sich Amphibol und roter Granat. Die Struktur der Gesteine ist die granitisch-körnige. Biegungen und Zerbrechungen der Plagioklase sind sehr häufig, vielleicht sind sie teilweise schon protoklastisch.

Die Norite des Espedals-Gebiets werden von den Labradorfelsen gangförmig durchsetzt.

Basische Gesteine von Hemsedal.

Die meisten mir vorliegenden gabbroiden Gesteine des Hemsedal-Gebiets unterscheiden sich von allen andern großen Gesteinsmassen des Bergen-Jotun-Stammes durch ihre Struktur, welche bei ausgesprochener Leisten- oder Tafelform der Plagioklase als diabasartig bezeichnet werden muß.

Gesteine dieser Art finden sich unter den weniger metamorphen Partien der »Grünsteine« um Hemsedal, sie finden sich als kleinere oder größere Einschlüsse, sogenannte »Gabbrokuppen« in den Hochgebirgsgraniten zwischen Valdres und Hemsedal, ferner zusammen mit typischen Bergen-Jotun-Gesteinen auf dem Filefjeld. Ihr äußerster, mir zurzeit bekannter, nördlicher Ausläufer ist ein Gestein, welches K. O. BJÖRLYKKE an der Nordwestecke des Sees Tyin auf der Anhöhe Valdersnæssene gesammelt hat¹.

Der häufigste Typus der gabbroiden Hemsedal-Gesteine ist ein grober Olivindiabas, oft mit etwas Spinell und Biotit. Der monokline Augit bildet in der üblichen Art die Füllung zwischen den großen Plagioklasleisten. Der Olivin ist in der Regel kelyphitisch umrandet, besonders in solchen Gesteinen, welche durch noch jüngere Granite kontaktmetamorphosiert wurden. Meine Untersuchungen über diesen Gegenstand werde ich erst bei späterer Gelegenheit veröffentlichen. Der Plagioklas der Olivindiabase

¹ Det centrale Norges Fjeldbygning S. 489.

ist ein basischer Labrador, nach außen mit immer kalkärmeren Hüllen, die mitunter bis fast reinen Albit fortsetzen.

Auch diabasporphyritisch struierte basische Gesteine sind aus dem Hemsedal-Gebiet bekannt.

Kleinere Vorkommen normalgabbroider Gesteine.

Als lokale Faciesbildungen innerhalb des »Jotun-Norits« sind normalgabbroide Gesteine (besonders Norite¹) nicht selten, können aber im Einzelfalle nur durch mikroskopische Untersuchung als solche erkannt werden. Mitunter scheinen sie ältere Grenzmassen des Jotun-Norits zu bilden. Dann sind sie oft zu amphibolitischen Gesteinen metamorphosiert. Hierher gehört wohl ein dunkelgrüner Saussurit-Amphibolit von der Ostseite der Anhöhe gerade über Framnæs Hotel am Südende des Sees Tyin. Die petrographische Beschreibung dieses metamorphen Gesteins werde ich in den Studien über Regionalmetamorphose bringen, hier sei nur die Analyse, wegen ihres normalgabbroiden Charakters veröffentlicht. Sie wurde auf meinen Wunsch von Herrn Prof. Dr. M. DITTRICH (†), Heidelberg, ausgeführt. Zum Vergleich ist unter II die mittlere Zusammensetzung basaltischer Gesteine nach R. A. DALY (vergl. S. 15) wiedergegeben.

	I	II
	Saursurit-Amphibolit (metamorphes Gabbrogestein), Südende des Tyin.	Durchschnittliche Zusammensetzung der Basalte.
SiO ₂	47,82	49,06
TiO ₂	1,00	1,36
Al ₂ O ₃	15,54	15,70
Cr ₂ O ₃	Spur	
Fe ₂ O ₃	1,72	5,38
FeO	11,44	6,37
MnO	0,19	0,31
MgO	6,20	6,17
CaO	7,68	8,95
Na ₂ O	3,09	3,11
K ₂ O	1,54	1,52
P ₂ O ₅	0,19	0,45
CO ₂	0,15	} 1,62
H ₂ O — 110°	0,18	
H ₂ O + 110°	3,05	
	99,79	

¹ Mitunter spinellführend.

Abgesehn von dem hohen Wassergehalt, von der Metamorphose herrührend (Amphibol, Klinozoisit), ist der Chemismus ganz derjenige des durchschnittlichen Basalts.

Inwiefern unter den gewöhnlich als »Gabbro« bezeichneten Bergen-Jotun-Gesteinen von Indre Sogn auch normalgabbroide Gesteine vertreten sind, ist vorläufig noch unbekannt. Sämtliche mir vorliegende Gesteine dieses Gebiets waren vom Typus des Jotun-Norits und Mangerits. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß zusammen mit den Labradorfelsen auch hier normale Norite von der Art der Espedal-Norite vorkommen.

Normalgabbroide Bergen-Jotun-Gesteine im westlichsten Norwegen.

Unter den Bergen-Jotun-Gesteinen des westlichsten Norwegens dürften ebenfalls normalgabbroide Typen vorkommen. In vielen Fällen mag es schwierig zu entscheiden sein, ob ein Gabbrogestein dem Bergen-Jotun-Stamme oder einem der beiden andern Stämme angehört, doch sind in der Litteratur mehrere Beispiele sicherer Bergen-Jotun-Gesteine beschrieben worden, deren Chemismus sich dem normalgabbroiden Typus nähert. Es sind dies:

I. Sogenannter Labradorfels, Elsfjeld, Holsenö nach HIORTDAHL u. IRGENS¹.

II. Granat- und diallagreicher Labradorfels, Sæbø auf Radø, nach LILLEJORD bei KOLDERUP².

	I	II
SiO ₂	50,01	49,68
TiO ₂		0,23
Al ₂ O ₃	18,95	20,86
Fe ₂ O ₃		1,02
FeO	9,57	5,52
MgO	5,60	6,50
CaO	10,44	10,77
Na ₂ O	4,66	3,46
K ₂ O	2,37	1,38
P ₂ O ₅		0,
Glühverl.	0,39	0,53
S		0,26
	101,99	100,21

¹ TH. HIORTDAHL u. M. IRGENS: Geologiske Undersökelser i Bergens Omegn, Universitetsprogramm. 2. Sem. 1862, Kristiania.

² Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12, S. 36.

Beide Analysen, besonders die zweite, entfernen sich etwas in der Richtung gegen Labradorfels von den typischsten normalgabbroiden Gesteinen. Man vergleiche auch in der Tabelle der Labradorfelsanalysen weiter unten die unter IV angeführte Analyse, welche ein weiteres Glied der Gesteinsreihe zwischen Labradorfels und normalgabbroiden Gesteinen bildet.

Der sogenannte Labradorfels vom Elsfjeld (Analyse I) entfernt sich durch den hohen Kaligehalt auch etwas in der Richtung gegen Jotun-Norit vom normalgabbroiden Chemismus.

Auch im Mangeritgebiet von Manger müssen normalgabbroide Typen auftreten (man vergleiche weiter unten unter Mangerit).

III. Labradorfelse.

Labradorfelse sind ein sehr charakteristisches Tiefengestein des Bergen-Jotun-Stammes, ebenso charakteristisch für diesen Stamm, wie es die Trondhjemit für den Opdalit-Trondhjemit-Stamm sind¹.

Wir finden die Labradorfelse gewöhnlich als größere relativ homogene Gesteinsmassen (öfters mit Bruchstücken älterer Norite), seltener in schnellem Wechsel mit andern Gesteinen des Bergen-Jotun-Stammes (so nach KOLDERUPS Beschreibung stellenweise im Bergen-Gebiet).

Die Hauptgebiete der Labradorfelse im kaledonischen Gebirge des südlichen Norwegens sind von Nordosten nach Südwesten:

Das Espedal-Gebiet.

Die großen Labradorfelsmassen um die inneren Arme des Sognefjords und von dort südwärts bis gegen den Hardangerfjord.

Die Labradorfelse in den Bergen-Bögen.

Schon zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts wurden die schneeweißen Labradorfelse des westlichen Norwegens von allen Geologen erwähnt, welche ihr Verbreitungsgebiet besuchten. Die ersten näheren Beschreibungen sowie Analysen stammen aus TH. KJERULFS Zeit, wir finden sie in Arbeiten von KJERULF, samt TH. HIORTDAHL und M. IRGENS. Eine eingehende petrographische Beschreibung der Labradorfelse in den Bergen-Bögen verdanken wir C. F. KOLDERUP², auf dessen erstgenanntes Werk wir bezüglich der älteren Litteratur verweisen können.

Das allergrößte südnorwegische Labradorfelsgebiet um die inneren Arme des Sognefjords ist von J. REKSTAD³ näher beschrieben worden. In

¹ Über labradorfelsartige Gesteine in einem der andern Stämme vergl. S. 13.

² Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12. Bergens Mus. Aarb. 1914–15, No. 8.

³ Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7 und 1909, No. 1, siehe auch für den südöstlichsten Teil des Gebiets BJØRLYKKE, l. c..

der Abgrenzung dieses Gebiets gegen die gabbroiden Gesteine folge ich auf meiner Übersichtskarte teils REKSTADS und BJÖRLYKKES Publikationen, teils näheren Angaben über den Verlauf der Grenzen, welche Herr Staatsgeologe REKSTAD mir liebenswürdigst mitgeteilt hat, wofür ich ihm bestens danke.

Über die Labradorfelse des Espedal-Gebiets finden sich zahlreiche Angaben in BJÖRLYKKES Monographie¹.

Die Labradorfelse haben, wie schon der Name besagt, als Hauptbestandteil einen Plagioklas der Labradorreihe. In der Regel beträgt der Anorthitgehalt der Plagioklase in diesen Gesteinen nach meinen optischen Bestimmungen um etwa 60 % An., eine ähnliche Zahl wie sie auch durch die Analysen isolierter Plagioklase gefunden wird (man vergleiche KOLDERUP, l. c. 1903). Nicht selten steigt auch der Anorthitgehalt der Plagioklase bis gegen 70 %. Bei der (häufigen) Saussuritisierung sinkt der Anorthitgehalt natürlich bis gegen Null. In besonders frischen Labradorfelsen beobachtet man mitunter in den Plagioklasen kleine Flecken von Kalifeldspat, wohl antiperthitische Aussonderungen.

Der zweite wichtige Gemengteil ist Hypersthen. Das Mengenverhältnis Labrador-Hypersthen ist ein sehr schwankendes, so daß wir von fast reinen Labradorgesteinen durch alle Übergänge zu Labradorit-Noriten, dann zu Noriten und endlich zu Pyroxeniten gelangen können.

Eine günstige Gelegenheit zum Studium dieser Gesteinsreihe bietet das Espedal-Gebiet. In unfrischen Gesteinen dieser Gruppe fällt der Hypersthen sehr schnell der Bastitisierung zum Opfer.

Monokliner Pyroxen ist stets untergeordnet gegenüber dem Hypersthen. Erze fehlen fast völlig, Apatit fehlt ganz. Auf letzteren Umstand hat bereits KOLDERUP in einer Publikation über das Gebiet von Ekersund—Soggendal speziell aufmerksam gemacht².

Die Labradorfelse zeigen in der Regel starke kataklastische Beeinflussung, die sich bis zur Ausbildung von »Ultramyloniten« steigern kann (Espedal-Gebiet, von wo Labradorfelsmylonite bereits durch BJÖRLYKKE beschrieben werden). Nur relativ wenige Vorkommen sind ganz frei von Zertrümmerungserscheinungen. Öfters machen diese einen protoklastischen Eindruck³.

¹ Det centrale Norges Fjeldbygning, Norges geol. Unders. Skr. 39, 1905.

² Fosforsyregehalten i Ekersund—Soggendalsfeltets Bergarter og dens Forhold til Benskjørheden hos Kvæget, Bergens Mus. Aarb. 1897, No. 9.

³ In einer soeben erschienenen Publikation von N. L. BOWEN: The Later Stages of the Evolution of the Igneous Rocks, Journal of Geology, supplement to Vol. 23, No. 8, s. 80, 1915, wird für diese Eigentümlichkeit so vieler Labradorfelse eine sehr plausible Erklärung gegeben. Sie sollen als ältere Ausscheidungen durch Krystallisationsdifferenziation gebildet sein und demnach als Krystallbrei zur Intrusion gelangt sein.

Ich hoffe, an anderer Stelle ausführlicher auf diese interessante Gesteinsgruppe zurückkommen zu können. Es seien hier vorläufig zwei neue Analysen mitgeteilt, die ich von Labradorfelsen des Espedal-Gebiets ausführen ließ. Beide sind von Herrn Chemiker OLAF RÖER, Norsk kemisk Bureau, Kristiania, ausgeführt.

	Labradorfels, Espedalen.	Labradorfels- Mylonit, Espedalen.					
	I	II	III	IV	V	VI	VII
SiO ₂	51,01	51,54	50,76	50,22	52,80	57,34	50,55
SiO ₂	0,13	0,09		0,25	0	0,40	
Al ₂ O ₃	25,09	27,67	$\left\{ \begin{array}{l} 28,90 \\ \text{n. best.} \end{array} \right.$	22,74	28,57	24,90	30,41
Fe ₂ O ₃	0,52	0,42		3,32	0,19	1,10	1,71
FeO	3,54	1,35		3,62	0,43	0,94	
MnO	0,07	0,03					
MgO	3,95	0,58	1,15	4,51	0,27	0,25	0,76
CaO	11,00	11,70	9,58	10,35	12,17	7,99	13,43
BaO	0,00	0,00					
Na ₂ O	3,04	4,29	$\left\{ \begin{array}{l} 4,67 \end{array} \right.$	3,25	4,82	5,37	$\left\{ \begin{array}{l} \text{n. best.} \end{array} \right.$
K ₂ O	0,36	0,41		1,21	0,56	1,23	
P ₂ O ₅	0,00	0,00		0	0	Spur	
CO ₂	0,14	0,15					
H ₂ O—105°	0,05	0,07	$\left\{ \begin{array}{l} 3,78 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,26 \end{array} \right.$		$\left\{ \begin{array}{l} 0,33 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,11 \end{array} \right.$
H ₂ O+105°	1,32	1,83					
S	0,06	0,08		0,25	0,24	0,40	
	100,28	100,21	98,84	99,98	100,05	100,25	

I. Dichte $\frac{20^\circ}{4^\circ} = 2,828$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Die Analyse I bezieht sich auf einen fast völlig frischen Labradorfels westlich vom Süden des Espedalsvands (zwischen Vassenden und Melgaardsæter).

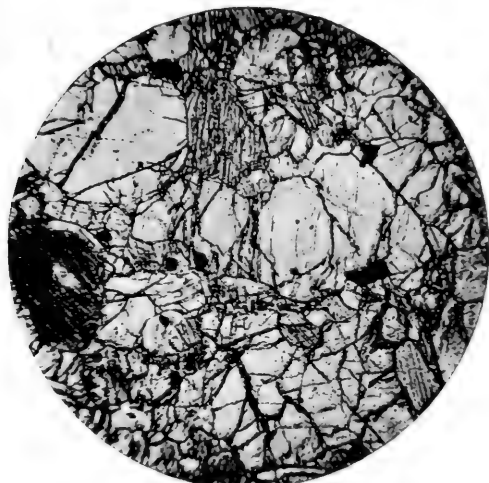
Die Analyse II bezieht sich auf einen äußerst feinkörnigen (ultramylonitischen) verschieferten Labradorfels derselben Gegend (1,5 Km. südöstlich vom Solaatjern).

Zum Vergleiche bringe ich die vorliegenden Analysen westnorwegischer Labradorfelse des Faltegebirges.

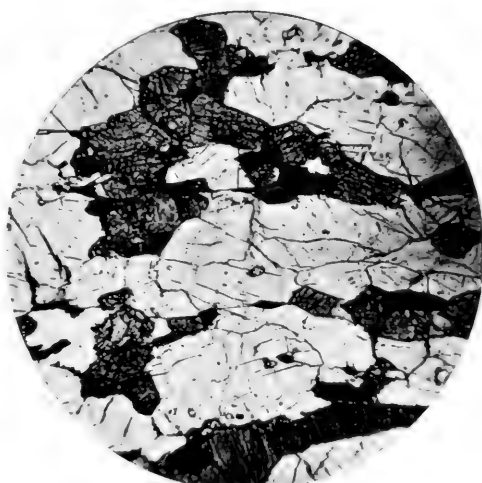
Die Analyse III ist Labradorfels, Lærdal, Indre Sogn, nach KJERULF¹.

¹ Bei TH. HJORTDAHL und M. IRGENS, Universitetsprogr. 1862, II, Kristiania.

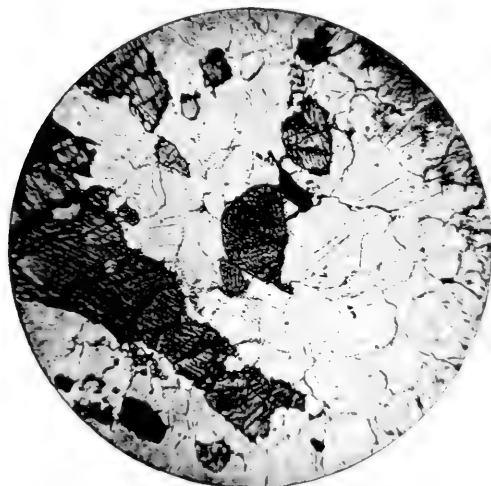
Bergen-Jotun-Gesteine.



1. Peridotit (Wehrlit), Fisketjernshøiden, Jotunheimen.
Vergr. 16.



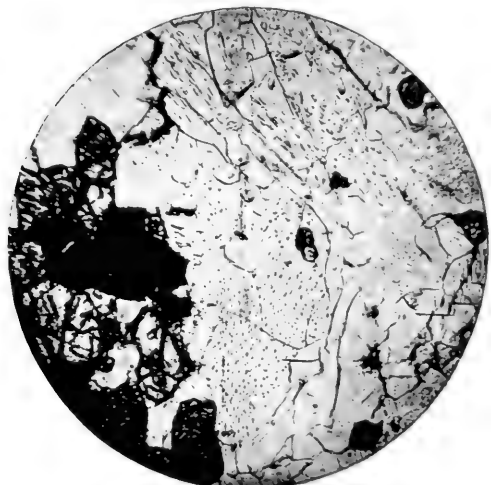
2. Jotun-Norit (amphibol-führend, parallelstruiert), Bleia,
Nordabhang, Filefjeld. Vergr. 16.



3. Jotun-Norit, Breikvamnaase, Jotunheimen.
Orig. Anal. Vergr. 16.



4. Dasselbe Gestein wie Fig. 3,
aber Nicols +.



5. Mangerit, Tjernhulstind, Gifpel, Jotunheimen.
Vergr. 16.



6. Hypersthengranit, Melkedalen, Jotunheimen.
Vergr. 16.

Die Analyse IV ist hornblendeführender Saussurit-Labradorfels von Skouge, Lindaas, ausgeführt von LILLEJORD für KOLDERUP¹.

Die Analyse V ist Saussurit-Labradorfels, Rösseland, Holsenö, von demselben¹.

Die Analyse VI ist Andesinfels, Fosse, Alværstrømmen, von demselben¹.

Die Analyse VII (unvollständig) ist Labradorfels von Offerdal, Lærdal, ausgeführt von TH. MÜNSTER, veröffentlicht von J. REKSTAD².

Die Analysen II, III, V und VII entsprechen recht nahe dem extremen Labradorfels der Reihe Labradorfels-Norit, die Analyse I zeigt eine schwache Hinneigung zum Norit, die Analyse IV hingegen schon eine stärkere.

Intermediäre Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes.

I. Jotun-Norite und Mangerite.

In dem großen Eruptivgesteinsgebiet zwischen dem Sognefjord und Gudbrandsdalen sind Jotun-Norite und Mangerite die herrschenden Gesteinstypen. Diese beiden Gesteine dürften zusammen ein Areal von etwa 3000 km.² decken. Es ist schwer zu entscheiden, welcher dieser beiden Typen die Vorherrschaft besitzt, sie dürften beide ungefähr gleich reichlich vertreten sein, vielleicht doch mit Überwiegen der Mangerite.

Beide Gesteine werden in der Litteratur gewöhnlich als Jotungabbro bezeichnet, sie sind mittelkörnige, meist graue Gesteine von makroskopisch gabbroidem Habitus.

Schon B. M. KEILHAU³ hat zahlreiche Vorkommen der typischen Jotun-Norite besucht. Er nennt das Gestein »eine Art Grünstein«, betont auch schon, daß dieser gewissermaßen »zwischen Grünstein, Syenit und Granit oscilliert«. C. F. NAUMANN⁴ bezeichnet die Eruptivgesteine von Jotunheimen und Indre Sogn als eine Diabasformation. J. ESMARK⁵ rechnet dieselben Gesteine zu seiner »Norit-Formation«, worunter er vorwiegend Labradorfelse und deren nächste Verwandte zusammenfaßte.

Später wurden alle gabbroiden Gesteine von Jotunheimen gern mit dem Namen Jotungabbro bezeichnet. Der Name Norit ist insofern bezeichnender, als man ja heute unter Noriten solche gabbroide Gesteine versteht,

¹ Bergens Museums Aarb. 1903, No. 12, S. 36.

² Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7.

³ De skandinaviske Formationers anden Svite, Mag. f. Naturv., Bd. I, 1823, S. 110.

⁴ Beyträge zur Kenntniss Norwegens, Bd. II, Leipzig 1824.

⁵ Om Norit-Formationen, Mag. f. Naturv., Bd. I, 1823, S. 205.

deren Pyroxen überwiegend zur Enstatit-Hypersthen-Reihe gehört. Allerdings sind die herrschenden Gesteine im Gebiete von Jotunheimen auch keine Norite im heutigen Sinne dieses Wortes, sondern unterscheiden sich von solchen durch den mehr albitreichen Plagioklas, vor allem aber durch das regelmäßige, oft reichliche, Vorkommen von Kalifeldspat, meist in der Form von Mikroperthit. A. SJÖGREN¹, der 1883 eine Beschreibung der gabbroiden Gesteine von Jotunheimen gab, hatte dies noch nicht erkannt, erst A. E. TÖRNEBOHM² erwähnt das Vorkommen von Mikroperthit. Das häufige Vorkommen mikroperthitreicher Varietäten wird von J. REKSTAD³ schon stark hervorgehoben, ebenso von K. O. BJÖRLYKKE⁴, in dessen großer Monographie über das zentrale Norwegen. Hier werden auch zum ersten Male zahlreiche einzelne Vorkommen von Jotun-Norit eingehend beschrieben.

Durch das, oft sehr reichliche, Vorkommen eines mikroperthitischen Feldspats erweist sich der Jotun-Norit als ein naher Verwandter jenes Gesteinstypus, welchen C. F. KOLDERUP im Bergen-Gebiet entdeckte und von dort unter dem Namen Mangerit beschrieb⁵.

KOLDERUP definiert die Mangerite als Gesteine, deren Feldspat ganz überwiegend ein basischer Mikroperthit ist, während als dunkle Minerale reichliche Mengen von Pyroxen, Hornblende oder Biotit auftreten. Da im Jotun-Norit der Plagioklas an Menge den Mikroperthit überwiegt oder ihm gleichkommt, entfernt er sich distinkt von den eigentlichen Mangeriten mit herrschendem Mikroperthitfeldspat. Er bildet gewissermaßen ein Bindeglied zwischen den Mangeriten einerseits, den normalgabbroiden Gesteinen anderseits.

Der Jotun-Norit zeigt selbst Variationen im Mengenverhältnis der einzelnen Gemengteile. Die Variation zeigt verschiedene Richtungen, indem nicht nur das Mengenverhältnis zwischen dunklen Mineralen und Feldspaten schwankend ist, sondern auch das Verhältnis Plagioklas-Mikroperthit. Man findet, daß in vielen Fällen die leukokraten Varietäten auch reicher an Kalifeldspat sind, die melanokraten reicher an Plagioklas, doch stehn dieser Regel fast ebensoviele Ausnahmen gegenüber, wie ja schon das Vorkommen der Labradorfelse zeigt. Die Variation der Jotun-Norite zeigt die Existenz von zwei hellen Endgliedern, nämlich Labrador-

¹ Et par Gabbroarter fra Jotunfjällen i Norge, Geol. Fören. Förh. Bd. 6, 1883, S. 370 u. 614.

² Det centrala Skandinavien Bergbyggnad, 1896, S. 112—113.

³ Fra det Nordostlige av Jotunfjeldene, Norges geol. Unders. Aarb., 1904, No. 6, auch Norges geol. Unders. Aarb. 1909 No. 1, 1914 No. 1.

⁴ Det centrale Norges Fjeldbygning, 1905.

⁵ Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12.

fels und Mikroperthitfels, und einem dunklen Endglied, nämlich Pyroxenit mit herrschendem Hypersthen.

Die Veränderlichkeit der Jotun-Norite (und ihrer nahen Verwandten) könnte folgendermaßen graphisch dargestellt werden:

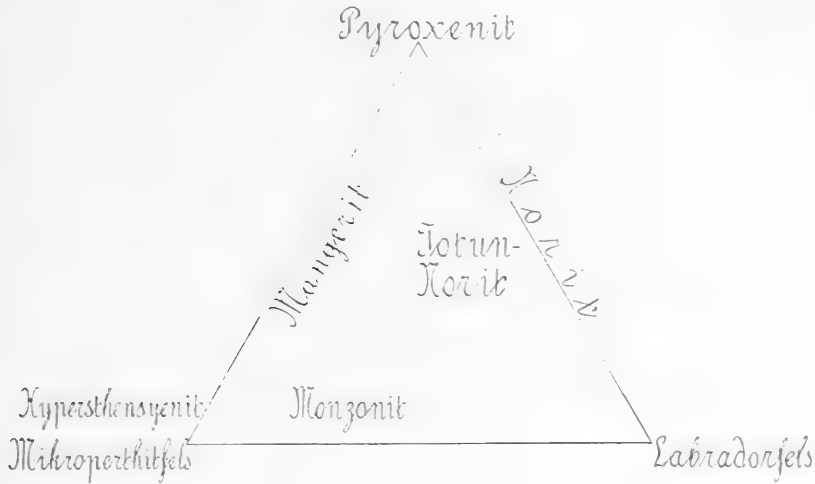


Fig. 1.

Es kann noch bemerkt werden, daß sowohl der Plagioklas wie der Mikroperthit in verschiedenen Teilen des Projektionsdreiecks charakteristische Verschiedenheiten zeigen. Der Plagioklas ist längs der ganzen Seite Labradorfels-Pyroxenit ein basischer Labrador, bei zunehmender Entfernung von dieser Dreiecksseite wird er Albit-reicher. Der Mikroperthit ist an dem Eckpunkt Mikroperthitfels am kalkärmsten, bei zunehmender Beteiligung der beiden andern gedachten Komponenten wird er kalkreicher.

Nicht auf dieser Figur dargestellt sind die Variationen im Verhältnis monokliner Pyroxen: rhombischer Pyroxen, das Auftreten von Quarz und Biotit, sowie von Eisenerzen.

a. Jotun-Norite.

Der typische Jotun-Norit besteht aus Plagioklas, Kalifeldspat (meist Mikroperthit), ein wenig Quarz, als helle Minerale, Hypersthen, Diallag, etwas Biotit, Erzen, als dunkle Gemengteile, ferner enthält er stets Apatit, sehr häufig Zirkon in auffällig großen gerundeten Körnern (von Resorption älterer Granite herrührend? ?). Mitunter findet sich eine primäre, lebhaft braune Hornblende (die jedoch jünger als der Pyroxen ist), oder richtiger mehrere Varietäten solcher. Selten ist ein grüner Spinell. In metamorphen Facies finden wir zahlreiche Arten sekundärer Amphibole, ferner

Skapolith, Muskovit, Epidotminerale, Titanit, deren Beschreibung ich auf eine spätere Publikation verschieben muß.

Der Plagioklas des Jotun-Norits ist, wie schon TÖRNEBOHM bemerkt, ein Andesin. Sehr oft ist er zonarggebaut, und zwar in der normalen Art der Eruptivgesteine. Wir finden, wie schon TÖRNEBOHM beobachtet hat, die kalkreicheren Plagioklase in mikroperthitarmen Gesteinen, kalkärmere in den mikroperthitreichen (Übergänge zu Mangerit und Pyroxensyenit).

In den Vorkommen mikroperthitfreier Norite, welche den Jotun-Norit begleiten, beträgt der Anorthitgehalt der Plagioklase gern 45–55 %, ja steigt noch höher (sogar bis ca. 80 %), selten sinkt er bei Abwesenheit von Mikroperthit bis auf 35 % herab. In den typischen mikroperthitführenden Jotun-Noriten beträgt der Anorthit-Gehalt meist zwischen 30 und 35 %. Ganz ausnahmsweise steigt der Anorthitgehalt des Plagioklases hier bis 43 %. Gewöhnlich beträgt er etwa 32–35 % im Kern der Krystalle, etwa 26–30 % in der Hülle.

Der Mikroperthit ist sehr leicht als solcher kenntlich, indem die Plagioklas-tropfen durch ihr auffällig hohes Relief sehr stark gegen den Kalifeldspat hervortreten. Der Plagioklas des Mikroperthits ist nämlich meistens nicht ein Albit, sondern ein kalkhaltiges Mischungsglied, wie es von KOLDERUP schon längst für ähnliche Gesteine des westlichsten Norwegens nachgewiesen ist (Ekersund-Gebiet, Bergen-Bögen). Kalkreiche perthitische Einlagerungen im Kalifeldspat finden sich besonders in solchen Gesteinen, die reich an Kalifeldspat sind, deren Kalifeldspat dem Plagioklas strukturell gleichberechtigt auftritt (indem Kalifeldspat schon frühzeitig krystallisierte). Wo Kalifeldspat zu einer jüngeren Füllmasse degradiert ist, pflegt der Kalkgehalt in den perthitischen Einlagerungen stark zurückzutreten oder sogar zu fehlen. In der Regel ist der Kalifeldspat der Jotun-Norite ein Orthoklas, wird aber oft mikroklinisiert. Auch antiperthitische Verwachsungen von Plagioklas und Kalifeldspat sind in den Jotun-Noriten allverbreitet.

In manchen Gesteinen dieser Art füllen Kalifeldspat und Quarz in mikropegmatitischer Verwachsung die Zwickeln zwischen den andern Mineralkörnern. Myrmekitische Verwachsungen von Plagioklas und Quarz an der Grenze gegen Kalifeldspat sind häufig.

Der Hypersthen ist stark pleochroitisch, sein Achsenwinkel $2V$ beträgt gern 60° – 70° um α , entsprechend einem Gehalt von etwa 40–30 % des Eisensilikats, selten steigt der Achsenwinkel bis 80° . Er ist das wichtigste dunkle Mineral. Der monokline Pyroxen zeigt gewöhnlich hell grünliche Farbe, sein Auslöschungswinkel $c:\gamma$ liegt stets zwischen den Werten 44 und 48° . Die Auslöschungsdispersion ist äußerst schwach $v > \rho$. Der Achsenwinkel $2V$ beträgt etwa 50 – 60° . Beide optischen Achsen zeigen

Dispersion $\rho > v$ um γ , die Achse B am stärksten. Es handelt sich demnach um diopsidischen Augit.

Beiderlei Pyroxene, besonders jedoch der Hypersthen, zeigen die bekannten braunen Interpositionen. Öfters sind die Pyroxene von Magnetit umwachsen.

Die Menge des Biotits ist meist geringfügig, er ist gern mit den Erzen assoziiert; in einigen Varietäten ist er jedoch reichlich vorhanden und bildet große braune Tafeln.

Die Struktur des Jotun-Norits ist die hypidiomorph körnige. Die Plagioklase der typischen Jotun-Norite zeigen fast niemals Leistenform, sondern sind in der Regel isometrisch polygonal umgrenzt¹, ebenso die Pyroxene, letztere jedoch noch eher mit Andeutungen von Idiomorphismus.

Erze, Biotit und Pyroxen sind oft zu Klumpen und kleinen Schlieren angereichert, nicht selten beobachtet man Kranzbildung von Biotit um Erz oder Pyroxen; die Schlieren dunkler Minerale sind nicht selten in parallelen Streifen angeordnet.

Da keine moderne Analyse der typischen Jotun-Norite und der Mangerite von Jotunheimen vorlag, ließ ich je einen Vertreter beider Gesteinsgruppen analysieren. Die folgende Analyse repräsentiert einen Jotun-Norit vom Ostabhang des Berges Breikvamsnaase an der Nordwestecke des Sees Tyin, aus 1550 m. Meereshöhe. Das Gestein ist völlig frisch. Es besteht aus Plagioklas (nach Auslöschungswinkel im Schnitt senkrecht α und senkrecht M und P ein Andesin mit 35 % An.) mit antiperthitischen Einlagerungen von Kalifeldspat, ferner Orthoklas mit ganz wenigen mikroperthitischen Spindeln, an Menge stark zurücktretend gegenüber dem Plagioklas, ferner Pyroxene (herrschend Hypersthen mit 2 V etwa 60°, untergeordnet monokliner Augit), Erz, etwas Biotit, Amphibol, Quarz und Apatit.

Die Analyse ist von Herrn Prof. Dr. MAX DITTRICH (†), Heidelberg, ausgeführt.

¹ A. E. TÖRNEBOHM vergleicht die Struktur des Jotun-Norits mit granulitischen Strukturformen (Det centrala Skandnaviens Bergbyggnad, 1896, S. 112).

Noch stärker ausgeprägt als beim typischen Jotun-Norit ist die granulitische Struktur bei einer Reihe von Bergen-Jotun-Gesteinen, welche im Gebiet von Hedalen auftreten, und welche geradezu als Jotun-Norit-Granulite bezeichnet werden müssen. Sie zeigen vollkommensten Granulithabitus bei streifenförmiger Wechslung leukokrater und melanookrater Lagen; offenbar primärer Granat ist in ihnen ein wichtiger Gemengteil. Ich habe diese Gesteinsgruppe aus den Einsammlungen von W. C. BRÖGGER, K. O. BJÖRLYKKE, W. WERENSKIÖLD kennen gelernt. BJÖRLYKKE'S Beschreibung dieser Gesteine und ihres geologischen Auftretens findet sich in Det centrale Norges Fjeldbygning, 1905, S. 240—254.

	Jotun-Norit, Breikvamsnaase, Jotunheimen.
SiO ₂	52,76
TiO ₂	0,52
Al ₂ O ₃	15,40
Cr ₂ O ₃	Spur
Fe ₂ O ₃	4,55
FeO	6,59
MnO	0,14
MgO	6,10
CaO	7,69
Na ₂ O	3,36
K ₂ O	2,02
P ₂ O ₅	0,29
CO ₂	0,38
H ₂ O — 110°	0,18
H ₂ O + 110°	0,28
	<hr/> 100,26

Dichte $\frac{20^0}{4^0} = 2,878$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Das Gestein entfernt sich somit von den normalgabbroiden Gesteinen durch den höheren Gehalt an K₂O und SiO₂, wie es auch dem Mineralbestand der Jotun-Norite entspricht.

b. Mangerite.

Mit dem Namen Mangerit bezeichnete C. F. KOLDERUP¹ ein Tiefengestein, bestehend aus kalkreichem, mikropertitischem Feldspat einerseits, aus Pyroxen, Amphibol oder Biotit anderseits. Nach der Art des herrschenden dunklen Gemengteils unterscheidet er Pyroxen-Mangerit, Amphibol-Mangerit und Biotit-Mangerit.

Bezüglich der Mangerite der Bergen-Bögen kann auf KOLDERUPS ausführliche Beschreibung verwiesen werden.

Gesteine vom Typus des Mangerits kenne ich auch von zahlreichen Vorkommen im Gebiete von Jotunheimen, ebenso von Indre Sogn. Es handelt sich hier ganz überwiegend um Pyroxen-Mangerite, die wenigen Amphibol-Mangerite scheinen Produkte einer Uralitisierung zu sein.

Mit dem Jotun-Norit sind die Mangerite durch alle Übergänge verbunden, so daß es schwer ist, eine natürliche Grenze zu finden. Diejenigen

¹ Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12.

gabbroiden Gesteine, deren Feldspat *überwiegend* Mikroperthit ist, könnten als Mangerit bezeichnet werden, diejenigen, in denen Plagioklas gleichberechtigt oder überwiegend ist, könnten Jotun-Norit genannt werden.

Ob diese Grenze bei einer ganz bestimmten chemischen Zusammensetzung liegt, oder ob irgendwelche äußere Bedingungen auf die Ausbildungsweise des Feldspats (Verteilung von Kali zwischen Mikroperthit und Antiperthit) von Einfluß sind, erscheint noch sehr unsicher.

Die Gemengteile der Mangerite im Gebiete von Jotunheimen sind dieselben wie diejenigen der Jotun-Norite. Es sind dies ein basischer Mikroperthit, ein ziemlich saurer Plagioklas (sehr oft als Anti-Perthit entwickelt, wie auch in sehr vielen Jotun-Noriten), Hypersthen, auch diopsidischer Augit, Biotit, Amphibol, Erze, Apatit, Zirkon, sehr häufig auch etwas Quarz.

Von besonderem Interesse erscheinen die Feldspate. Der Plagioklas ist in der Regel ein saurer Andesin (mit ca. 30—35 % An.). Oft enthält er kurze Spindeln von Kalifeldspat antiperthitisch eingelagert, offenbar handelt es sich um entmischte feste Lösungen von Kalifeldspat in Plagioklas, wie es auch TH. VOGT¹ für Antiperthite in Eruptivgesteinen von Vester-aalen angenommen hat.

Der Mikroperthit zeigt um so unregelmäßiger geformte Plagioklasspindeln, je kalkreicher der eingelagerte Plagioklas ist². In einem Mangerit vom Gipfel des Tjernhulstind (gesammelt von Herrn Archivar THOMLE) fand ich als perthitische Einlagerung im Kalifeldspat Tropfen eines Oligoklases mit ca. 20—30 % An. (bestimmt durch den Auslöschungswinkel in Schnitten parallel (010) und (100). Recht merkwürdig ist auch der Kalifeldspat dieses Mikroperthits. Er zeigt die symmetrische Auslöschung des Orthoklases und einen bemerkenswert kleinen negativen Achsenwinkel (2 V schätzungsweise 60°—70°, starke Achsendispersion $\rho > \nu$ um α , Überlagerung von Kalifeldspat und Plagioklas?).

In den Mangeriten von Jotunheimen sind auch Myrmekitbildungen etwas sehr häufiges. Auf das deutlichste zeigt sich F. BECKES Erfahrung bestätigt, daß der Myrmekit an Stelle von Kalifeldspat tritt. In den groben Mikroperthiten wird der Kalifeldspat myrmekitisiert, dazwischen bleiben die perthitischen Oligoklaspartien bestehen.

¹ Om Eruptivbergarterne paa Langøen i Vesteraalen, Norges geol. Unders. Aarb. 1909, No. 6, S. 16.

² In den Mangeriten von Jotunheimen finden sich zwei Typen von Mikroperthit, ein solcher mit ganz feinen, dicht gedrängten, Spindeln eines sauren Plagioklases und ein solcher mit weniger dicht stehenden groben, unregelmäßiger geformten Spindeln und Tropfen eines kalkreicheren Plagioklases. In vielen hierhergehörigen Gesteinen beobachtet man zonaren Bau des Mikroperthits, derart, daß die Plagioklasspindeln des Orthoklaskernes kalkreicher sind als diejenigen des Orthoklasrandes. Auch ihre Form und Verteilung wird dann nach dem Rande zu immer regelmäßiger.

Die Mangerite von Jotunheimen sind bis jetzt noch nicht analysiert worden; da es von Interesse schien, ihre Zusammensetzung mit derjenigen der Jotun-Norite zu vergleichen, ließ ich auch einen Vertreter dieser Gruppe analysieren, und zwar ein Gestein, daß sich nur durch den höheren Mikropertit-Gehalt von dem analysierten Jotun-Norit unterschied. Das analysierte Gestein stammt von der Westseite des großen karförmigen Tals westlich des Bitihorns, südlich des Ostendes des Sees Bygdin, in 1310 m. Meereshöhe. Die Analyse wurde von Herrn Prof. Dr. MAX DITTRICH (†), Heidelberg, ausgeführt. Das Gestein enthält große Individuen eines sehr feinspindligen Mikropertiths, dessen Plagioklasanteil, nach der Lichtbrechung zu urteilen, nur wenig Anorthit enthalten kann, ferner (in etwas geringerer Menge als der Mikropertit) ein Plagioklas mit etwa 30 % Anorthitgehalt, mitunter mit ganz wenigen antiperthitischen Einlagerungen von Kalifeldspat, ferner Pyroxene, und zwar sowohl Hypersthen (Achsenwinkel 2 V etwa 60—70°), als auch monoklinen Pyroxen, etwas Biotit, Quarz, ferner Eisenerz, Apatit und einige große Zirkone. Das Gestein ist nicht absolut frisch, ein geringerer Teil der Hypersthene zeigt beginnende Bastitisierung, manche Plagioklasindividuen zeigen Flecken beginnender Saussuritbildung. Aus diesen Gründen ist der Wassergehalt des Gesteins höher als in dem S. 37—38 beschriebenen Jotun-Norit. Hierzu trägt übrigens auch der etwas größere Biotitgehalt bei. Durch den immerhin beträchtlichen Plagioklasgehalt vertritt das Gestein denjenigen Typus der Mangerite, welcher den Jotun-Noriten noch recht nahe steht.

	I	II
	Mangerit, Übergangstypus zum: Jotun-Norit, westlich des Bitihorns, Jotunheimen.	Orthoklas Gabbro, Haystack, Montana.
SiO ₂	54,91	54,09
TiO ₂	0,43	0,99
Al ₂ O ₃	16,73	16,00
Cr ₂ O ₃	Geringe Menge	
Fe ₂ O ₃	3,96	2,92
FeO	5,13	5,54
MnO	0,13	0,15
MgO	4,76	5,19
CaO	6,78	7,37
Na ₂ O	2,97	3,38
K ₂ O	2,53	2,67
P ₂ O ₅	0,18	0,35
CO ₂	0,29	
H ₂ O — 110°	0,15	0,20
H ₂ O + 110°	1,39	0,77
	100,34	99,78 ¹

¹ Incl. BaO 0,10, SrO 0,06.

I. Dichte $\frac{20^0}{4^0} = 2,804$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Unter II habe ich zum Vergleich die Analyse eines sehr ähnlichen sogenannten Orthoklas-Gabbros von Haystock, Montana, angeführt¹.

Die Übereinstimmung dieses Mangerits mit dem Orthoklas-Gabbro von Haystock, Montana, ist eine sehr nahe. Letzteres Gestein ist von A. JOHNSEN² als ein Mitglied der Mangerit-Gruppe erkannt worden. Auch im Mineralbestande ist die Analogie des Haystock-Gesteins mit den Mangeriten von Jotunheimen eine vollständige.

Ich hoffe, bei späterer Gelegenheit ausführlicher auf diese interessanten Gesteine zurückzukommen, als es in dieser kurzgefaßten Übersicht möglich ist.

Die chemische Zusammensetzung von Mangeriten aus dem Bergen-Gebiet kennen wir durch KOLDERUPS Untersuchungen.

Nach KOLDERUP sind unter den Mangeriten teils intermediäre, teils recht basische Gesteinstypen vertreten. Ich gebe im folgenden zwei Analysen nach LILLEJORD bei KOLDERUP³.

	I	II
	Mangerit, Tveit, Manger.	Mikroperthit aus saurem Mangerit, Manger.
SiO ₂	47,34	63,60
TiO ₂	Spur	
Al ₂ O ₃	19,60	20,50
Fe ₂ O ₃	7,15	0,71
FeO	6,82	0,33
MnO	Spur	
MgO	4,54	0,16
CaO	8,00	2,52
Na ₂ O	3,68	5,51
K ₂ O	1,67	6,57
P ₂ O ₅	0,65	
S	0,43	
	99,88	99,90

Es ist bemerkenswert, wie stark sich die Analyse I dem normalgabbroiden Typus nähert. Nach der Analyse sollte man in solchen Gesteinen

¹ W. H. EMMONS: Geology of the Haystack Stock, Cowles Park Co., Montana, Journ. of Geology, Bd. 16, 1908, S. 193.

² Neues Jahrb. für Mineralogie, 1911, Bd. 2, S. -69-.

³ Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12, S. 106 und 107.

cher Antiperthit als Mikroperthit erwarten. Die meisten Mangerite dürften saurer und kalireicher sein, als es der Analyse I entspricht. Aus diesem Grunde sind hier die Mangerite unter den Gesteinen intermediären Kieselsäuregehalts angeführt.

II. Hypersthensyenite und verwandte Gesteine.

Von den Jotun-Noriten unterscheiden sich die Mangerite durch höheren Gehalt an Mikroperthit. Von beiden Gesteinen leiten sich leukokrate Differentiationsreihen ab, durch Vermehrung des Feldspatgehalts, Abnahme der dunklen Minerale.

Das Endglied einer solchen Differentiation, vom Jotun-Norite ausgehend, wäre jenes Gestein, welches aus dem nördlichen Teile des kaledonischen Gebirges als Vallevarit durch A. GAVELIN¹ beschrieben worden ist.

Viel wichtiger ist in unserem Teile des kaledonischen Gebirges die entsprechende Differentiationsreihe, welche ihren Anfang in mangeritischen Typen nimmt.

Von Gesteinen dieser Art gelangen wir, bei Abnahme der dunklen Minerale, Zunahme des Mikroperthits, zu hellen, syenitähnlichen Gesteinen, die im Gebiete von Jotunheimen nicht gerade selten sind². Gewöhnlich ist in diesen Gesteinen der rhombische Pyroxen vorherrschend gegenüber dem monoklinen. Wir können sie deshalb als »Hypersthensyenite« bezeichnen.

Die Gesteine dieser Art führen öfters eine geringe Quarzmenge und bilden daher ein Übergangsglied zur Gruppe der Hypersthengranite, welche in dem Bergen-Jotun-Stamme ebenfalls vertreten sind.

Falls der Pyroxengehalt der Hypersthensyenite gegen Null sinkt, so gelangen wir zu Gesteinen, die neben dem herrschenden Mikroperthit nur Biotit führen. Gesteine solcher Art sind unter den Eruptiven von Jotunheimen an nicht wenigen Fundorten vertreten. C. F. KOLDERUP beschrieb ein solches Gestein aus dem Bergen-Gebiet unter dem Namen Natronsyenit³.

¹ A. GAVELIN, Vortrag über das Ruotevare-Gebiet, Geol. Fören. i Stockh. Förh., Bd. 37, 1915, S. 17–26. Doch unterscheidet sich der Vallevarit von verwandten südnorwegischen Gesteinen durch das Vorherrschen von monoklinem Pyroxen.

² Bereits in der älteren Litteratur werden syenitische Gesteine von Jotunheimen erwähnt, siehe z. B. TH. MÜNSTER, *Nyt Mag. f. Naturv.*, Bd. 28, 1884, S. 204. In den Arbeiten von REKSTAD und besonders BJÖRLYKKE werden die syenitischen Differentiationsprodukte der Jotun-Gesteine bereits von vielen Lokalitäten eingehend beschrieben (*Norges geol. Unders. Aarb.* 1904, No. 6 und 1909, No. 1, *Norges geol. Unders. Skr.* No. 39, 1905).

³ *Bergens Mus. Aarb.* 1903, No. 12, S. 114. Auch dieses Gestein ist, wie KOLDERUP bemerkt, wohl ursprünglich pyroxenführend gewesen, jedoch sei der Pyroxen zu Amphibol

Um die Zusammensetzung eines der hypersthenführenden syenitähnlichen Gesteine kennen zu lernen, ließ ich eine Analyse eines solchen ausführen, und zwar des Vorkommens von dem Berge Suletind (Filefjeld). Die Analyse, an einem von TH. KJERULF gesammelten Handstücke von Herrn Chemiker O. RÜER ausgeführt, ergab die unter I angeführten Zahlen. Zum Vergleich gebe ich nach C. F. KOLDERUP (l. c.) LILLEJORDS Analyse des Natronsyenits von Tunæs im Bergen-Gebiet. Ebenfalls zum Vergleiche ist unter III die Analyse eines amerikanischen Augit-Hypersthen-Syenits angeführt (Moon Lake, Franklin Co.¹), die bereits von KOLDERUP (l. c.) als Analogon der Augitsyenite in der Bergen-Jotun-Familie angeführt wird.

	Hypersthensyenit, Suletind.		
	I	II	III
SiO ₂	61,93	56,31	63,45
TiO ₂	0,78	0,73	0,07
Al ₂ O ₃	17,41	20,35	18,31
Fe ₂ O ₃	1,16	2,78	0,42
FeO	3,74	3,49	3,56
MnO	0,18		fehlt
MgO	0,73	1,49	0,35
CaO	2,14	3,76	2,93
BaO	0,21		0,13
Na ₂ O	5,07	6,01	5,06
K ₂ O	6,16	4,12	5,15
P ₂ O ₅	0,32	0,50	Spur
CO ₂	0,08		
H ₂ O — 105°	0,08		
H ₂ O + 105°	0,37		0,30
S	0,02	0,54	
	100,38	100,08	99,73

I. Dichte $\frac{20^0}{4^0} = 2,703$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Ganz bemerkenswert ist der hohe Alkaligehalt dieser Gesteine, der schon sehr stark an denjenigen der Alkalisyenite erinnert, wie auch KOLDERUP beim Vergleiche seines Natronsyenits (II) mit Alkalisyeniten hervorhebt.

umgewandelt worden, dieser wieder zu Biotit. Auch für die biotitführenden „Syenite“ von Jotunheimen ist eine sekundäre Entstehung aus pyroxenarmen Pyroxensyeniten keineswegs ausgeschlossen, in vielen Fällen sogar sehr wahrscheinlich. H. ROSENBUSCH erwähnt in seiner Mikroskopischen Physiographie (4. Aufl., Bd. II 1, S. 358) das Vorkommen von rhombischem Pyroxen auch im Syenit von Tunæs.

¹ Siehe H. P. CUSHING, Bull. Geol. Soc. Am., 10. 1899, S. 183.

Interessant ist in der Analyse des Hypersthensyenits der relativ hohe Bariumgehalt, ein Zeichen dafür, daß auch in Gesteinen dieser Reihe das Barium dem Kalifeldspat folgt.

Der Mineralbestand des Hypersthensyenits läßt sich, unter Berücksichtigung der mikroskopischen Untersuchung, folgendermaßen aus der Analyse berechnen:

Feldspat (Mikroperthit)	86,19 %	{	Kalifeldspat	36,49
		{	Natronfeldspat	43,09
		{	Kalkfeldspat	6,03
		{	Bariumfeldspat	0,58
Pyroxene	7,34	{	CaMgSi ₂ O ₆	1,54 ¹
		{	MgSiO ₃	1,13
		{	FeSiO ₃	4,34
		{	MnSiO ₃	0,33
Biotit	Spur			
Quarz	2,38			
Apatit (Cl)	0,78			
Magnetit	1,68			
Ilmenit	1,48			
Pyrit	0,04			
Calcit	0,19			
			100,08	

Hypersthensyenite dieser Art, oft auch etwas pyroxenreicher, sind von vielen Stellen im Gebiete von Jotunheimen bekannt, auch von Indre Sogn (Lærdal, Skagastølstinderne) liegen mir Handstücke sehr ähnlicher Gesteine vor.

Es mag fraglich erscheinen, ob der Name »Syenit« für Gesteine dieser Art glücklich gewählt sei, oder ob er nicht lieber den eigentlichen Syeniten der Alkalireihe vorbehalten bleiben sollte. Aus demselben Grunde wäre auch der Name »Monzonit« für solche Gesteine zu verwerfen, welche zwischen unsern »Hypersthensyeniten« und den eigentlichen Jotun-Noriten stehn. Man wird wohl dazu kommen, für mehrere der hier beschriebenen Typen eigene Namen aufzustellen; ich habe vorläufig davon abgesehen, da mir ein reicheres Analysenmaterial zu einer exakten Abgrenzung der einzelnen Gesteinstypen notwendig erscheint. Ich hoffe, später auf dieselben Fragen zurückzukommen.

Gar nicht selten findet man in dem großen Eruptivgebiete von Jotunheimen—Indre Sogn auch solche syenitähnliche Gesteine, die neben Mikro-

¹ Natürlich enthält auch der monokline Pyroxen Eisen und Mangan. Es dürften 1,5—2 % diopsidischer Pyroxen vorliegen, ca. 3,5 % Hypersthen.

perthit bedeutende Mengen eines Plagioklases führen. Der Plagioklas ist, soweit er nicht saussuritisiert ist, der Oligoklasreihe angehörig, mitunter reicht er bis zum Oligoklas-Andesin, 30 % An. Als dunkle Minerale findet man meistens nur Biotit und Amphibol (letzterer wohl ein Uralit), seltener auch Augit und rhombischen Pyroxen. Eine kleine Menge von Quarz fehlt wohl nie, er ist jedoch mindestens zum Teil sekundär, entstanden bei der Bildung von Biotit und Amphibol auf Kosten von Pyroxenen. Man könnte diese Gesteine vorläufig als »Monzonite« bezeichnen.

Unter dem Namen Syenit beschrieben M. IRGENS und Th. HIORTDAHL 1864 eine Eruptivmasse zwischen dem Fördefjord und dem Dalsfjord¹. Später wird dasselbe Gebiet von H. REUSCH behandelt². Die Eruptivmasse liegt über kambrosilurischen Schiefern und wird selbst von devonischem Konglomerat überlagert, welches Bruchstücke des Syenits enthält.

Ich ließ eine größere Anzahl Dünnschliffe von Gesteinen dieser Eruptivmasse herstellen, teils an Material von IRGENS und HIORTDAHL, teils an Material von H. REUSCH. Die Untersuchung ergab, daß die Eruptivmasse unzweifelhaft zum Bergen-Jotun-Stamme gehört. Die meisten der mir vorliegenden Gesteine zeigten den Charakter der »Monzonite« oder der Mikroperthitsyenite des Bergen-Jotun-Stammes. Außer Feldspaten finden sich Biotit und Hornblendeminerale, letztere zum Teil sicherer Uralit. In einigen der Gesteine zeigt die Hornblende die Eigenschaften der Hypersthen-Uralite, welche in vielen Hypersthen-Syeniten von Jotunheimen vorkommen. In manchen der Gesteine findet sich nicht ganz wenig Quarz (Übergang zu granitischen Typen). In wieder anderen Typen ist die Menge der dunklen Minerale nicht unbedeutend, so daß die Gesteine Anklänge an uralitisierte Jotun-Norite zeigen. Kataklastische Erscheinungen sind sehr häufig, werden auch schon von den früheren Beobachtern hervorgehoben. Der Mikroperthit zeigt mitunter sehr deutlich den Habitus der kalkhaltigen Bergen-Jotun-Mikroperthite, sehr oft ist er aber mikroklinisiert, unter gleichzeitiger Saussuritisierung der Plagioklase.

Helle syenitische und monzonitische Facies lagen mir besonders von der Lokalität Helleberget vor, dunkle, mehr gabbroide aus dem westlichen Teile des Gebietes (wo sie neben den hellen Gesteinstypen auftreten).

Offenbar bildet die Eruptivmasse zwischen Dalsfjord und Fördefjord eine nördliche Fortsetzung der Eruptivgesteine der Bergen-Bögen.

¹ Om de geologiske Forhold paa Kyststrækningen av Nordre Bergenhus Amt, Universitetsprogr., 1864, 2, Kristiania.

² Konglomerat-Sandstenfelterne i Nordfjord, Søndfjord og Sogn, Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 26, 1881, S. 108.

Saure Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes.

Granite.

Wichtige und sehr verbreitete Differentiationsprodukte des Bergen-Jotun-Stammes sind granitische Gesteine.

Sie finden sich teils als größere, zum Teil sehr große, selbständige Massen, teils als dünnere Intrusivplatten den basischen und intermediären Gesteinen eingeschaltet, teils als größere und kleinere Gänge, welche die basischen und intermediären Gesteine des Stammes durchsetzen.

Sie finden sich durch das ganze Gebiet, angefangen bei dem Ausläufer der Bergen-Jotun-Gesteine an der Nordostseite von Gudbrandsdalen und bis zum südwestlichen Ende des gesamten Verbreitungsgebietes.

Gesteine dieser Art sind schon längst von K. O. BJÖRLYKKE und andern beschrieben worden, doch fehlt es an einer zusammenfassenden Darstellung.

Allen Bergen-Jotun-Graniten ist es gemeinsam, daß ihr herrschender Feldspat ein Mikroperthit ist¹ oder gewesen ist (bei mechanischer Beanspruchung des Gesteins wird der Mikroperthit in Gittermikroklin umgewandelt, meist unter gleichzeitigem Verschwinden der Albitspindeln).

Der Mikroperthit ist nicht in allen Bergen-Jotun-Graniten derselbe; in den Hypersthengraniten ist er ein Oligoklasalbit-Mikroperthit, in den Ägiringraniten natürlich ein Albit-Mikroperthit.

Neben Mikroperthit findet sich in den meisten Bergen-Jotun-Graniten auch selbständiger Plagioklas, teils Albit, teils Oligoklasalbit.

Die Menge des Quarzes ist sehr wechselnd, mit allen Übergängen zwischen sauren Quarzsyeniten und normalen Graniten, letztere doch bei weitem vorherrschend.

Die dunklen Minerale sind die interessantesten Bestandteile der Bergen-Jotun-Granite; es wurden beobachtet (doch natürlich nicht alle in demselben Gestein):

Hypersthen,
Diopsidischer Pyroxen,
Ägirindiopsid,
Ägirin,
Gemeine Hornblenden von brauner oder grüner Farbe,

¹ In vielen dieser Gesteine ist Mikroperthit fast der einzige Feldspat, in andern findet sich auch saurer Plagioklas in wechselnder Menge. Recht plagioklasreich soll nach KOLDERUP der Hypersthen-Granit von Prestun-Sæter im Bergen-Gebiet sein (vergl. auch unter Hypersthen-Granit).

Dunkelblaugrüne, eisenreiche Hornblende,
 Arfvedsonitischer Amphibol
 Riebeckit,
 Biotit.

Wir können die Bergen-Jotun-Granite, auf Grundlage dieser dunklen Minerale, in mehrere Typen einteilen.

Übergemengteile und accessorische Bestandteile sind Apatit, Eisenerze, Titanit, Zirkon, ferner allverbreitet und in vielen Typen sehr reichlich Orthit.

Wir können folgende Typen von Bergen-Jotun-Graniten unterscheiden:

- a. Hypersthengranite.
- b. Augitgranite.
- c. Granite mit Ägirindiopsid.
- d. Ägiringranite, meist auch mit Alkalihornblenden.
- e. Amphibolgranite.
 1. mit gemeinen Hornblenden.
 2. mit dunkelblaugrüner Hornblende.
- f. Biotitgranite.

In allen Typen kann Muskovit vorkommen, er ist ein sehr gewöhnliches Produkt mechanischer Gesteinsbeanspruchung.

a. Hypersthengranite (Birkremite).

Hypersthengranite sind in den Gebieten des Bergen-Jotun-Stammes recht verbreitet. Auch von anderen Eruptionsprovinzen analoger Stämme kennen wir die Gesteinsassociation Labradorfels-Hypersthengranit, wie allbekannt. Im Gebiete von Jotunheimen sind Hypersthengranite von mehreren Lokalitäten bekannt. Es sind hellrote granitisch-körnige Gesteine, bestehend aus Feldspat, Quarz, Pyroxen, Spuren von Erz. Der Feldspat ist ein charakteristischer schön lamellierter Mikroperthit, bestehend aus Kalifeldspat und Oligoklasalbit (letzterer mit etwa 10—15 % Anorthitgehalt). In manchen hierhergehörigen Gesteinen ist ein solcher Mikroperthit der einzige Feldspat, in andern findet sich daneben auch ein selbständiger Oligoklasalbit, mitunter mit antiperthitischen Tropfen von Kalifeldspat. Unter den Pyroxenen ist Hypersthen vorherrschend, diopsidischer Augit untergeordnet.

Der rhombische Pyroxen ist reich an Eisen; $2V$ ca. 50° , entsprechend ca. 50 Molekularprozenten des Eisensilikats.

Manchmal (nicht immer) enthalten die Hypersthengranite auch etwas Biotit.

Das schönste Vorkommen von Hypersthengranit, welches mir überhaupt bekannt ist, wird in dem mir vorliegenden Material durch Handstücke von Melkedalen (nördlich dem Westende des Sees Bygdin) vertreten. Diese sind teils von TH. MÜNSTER, teils von K. O. BJÖRLYKKE gesammelt worden, letzterer gibt bereits eine Beschreibung des Gesteins¹. Auf Taf. IV, Fig. 6 habe ich eine Abbildung des Gesteins gegeben. Bemerkenswert ist eine ausgesprochene Protoklasstruktur.

Im Gebiete der Bergen-Bögen finden sich nach den Untersuchungen KOLDERUPS ebenfalls granitische Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes. Auf der Strecke Trengereid—Vaksdal gibt es Hypersthengranite (Birkremite)². Granitische Gesteine aus dem Gebiete der Bergen-Bögen werden auch schon in der Arbeit von 1903 beschrieben³, allerdings mit einigen Zweifeln, ob dieselben auch wirklich in genetischer Verknüpfung mit den Labradorfelsen stünden. Es werden dort zwei Analysen granitischer Gesteine mitgeteilt. Während bei der einen Analyse (weißer Granit von Skougsnøien) wahrscheinlich ein Trondhjemit vorliegen dürfte, scheint es mir nach KOLDERUPS Beschreibung fast gewiß, daß der rote Granit von Prestun-Sæter, nördlich Brudvik, zum Bergen-Jotun-Stamme gehört. Hierfür spricht besonders der Gehalt an rhombischem Pyroxen, den KOLDERUP gefunden hat, ein Mineral, welches nach meinen bisherigen Erfahrungen nur den Graniten des Bergen-Jotun-Stammes zu eigen ist. Auch H. ROSENBUSCH⁴ bestätigt den Charakter dieses Gesteins als Hypersthengranit.

Roter Granit (mit rhombischem Pyroxen), Prestun-Sæter, nach P. SCHEI bei KOLDERUP (l. c.):

SiO ₂	68,69
TiO ₂	0,31
Al ₂ O ₃	17,12
Fe ₂ O ₃	0,88
FeO	0,41
MgO	0,39
CaO	1,91
BaO	0,40
Na ₂ O	7,03
K ₂ O	3,82
F	Spur
Glühverl.	0,56

101,52

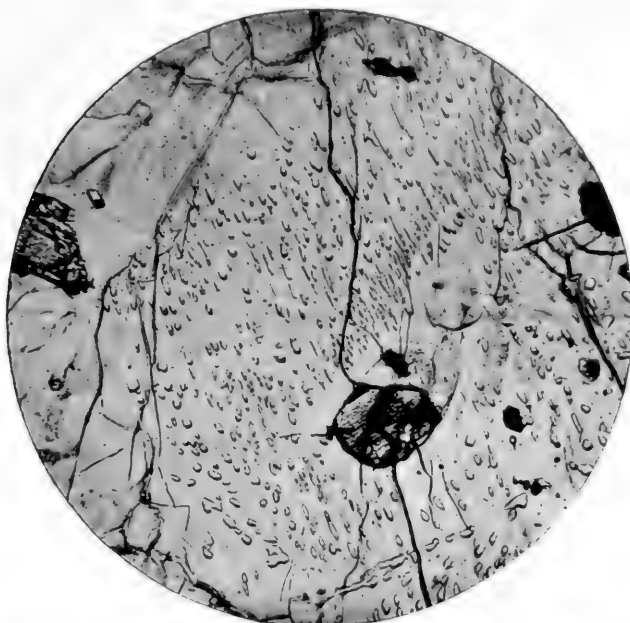
¹ Det centrale Norges Fjeldbygning, 1905, S. 468.

² Fjeldbygningen i Strøket mellem Sorfjorden og Samnangerfjorden i Bergensfeltet. Bergens Mus. Aarb. 1914/15, No. 8.

³ Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12.

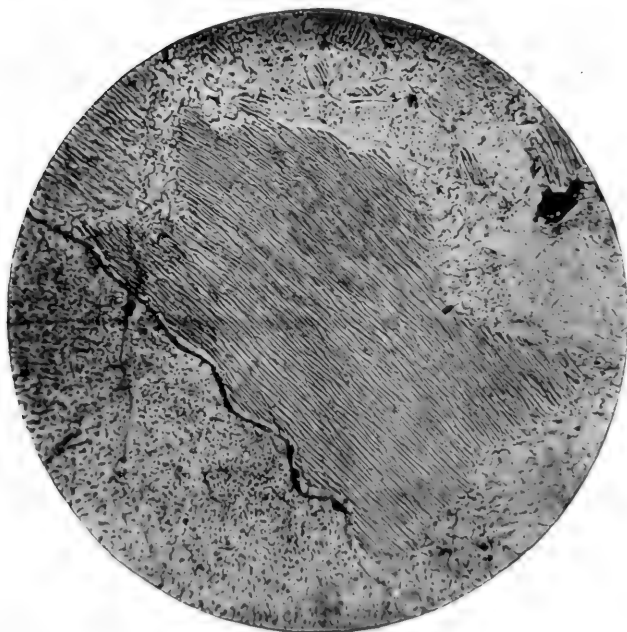
⁴ Mikroskopische Physiographie, 4. Aufl., Bd. II, 1, S. 358, 1906.

Mikroperthite der Bergen-Jotun-Gesteine.



1.

Mikroperthit aus Mangerit (Taf. II, Fig. 5). Vergr. 50. Man beachte die Tropfenform der Plagioklase im Kalifeldspat. Plagioklas mit 20—30 % Anorthitgehalt.



2.

Mikroperthit aus Hypersthengranit (Taf. II, Fig. 6). Vergr. 50. Man beachte die langgestreckte Spindelform der dichtgedrängten Plagioklase im Kalifeldspat. Plagioklas mit ca. 10 % Anorthitgehalt.

Der Alkaligehalt erscheint ganz ungewöhnlich hoch, vielleicht wäre ein Teil des Analysenüberschusses auf zu hohe Natronbestimmung zurückzuführen.

Interessant ist es, daß dieses Gestein nach KOLDERUPS Angaben gangförmig in metamorphen silurischen Schiefern auftritt. Hierdurch gewinnt man einen Anhaltspunkt zur Altersbestimmung der Bergen-Jotun-Gesteine, natürlich unter der Voraussetzung, daß der Granit wirklich diesem Stamme angehört.

Die Hypersthengranite des Bergen-Jotun-Stammes zeigen die vollständigste Übereinstimmung mit den Birkremiten des Ekersund-Gebiets¹, nur sind die Bergen-Jotun-Birkremite stärker protoklastisch und kataklastisch beeinflusst.

b. Augitgranite.

Augitgranite sind unter dem reichen, von BJÖRLYKKE gesammelten Material von mehreren Lokalitäten im zentralen Norwegen vertreten; er hat dieselben bereits in seiner Monographie beschrieben, ich habe seiner Beschreibung nichts hinzuzufügen. Der Pyroxen erwies sich bei der näheren Untersuchung als ein schwach grünlicher diopsidischer Augit.

c. Granite mit Ägirindiopsid.

Granitische Gesteine dieser Art sind in unserm Gebiet wenig verbreitet, sie bieten aber ein gewisses Interesse, indem sie ein Übergangsglied zwischen den Gruppen b und d darstellen.

Ich fand einen feinkörnigen Granit mit Ägirindiopsid beim Breikvam-Fælager auf der Halbinsel am Nordwestende des Sees Tyin².

Das ziemlich stark gepreßte Gestein enthält Mikroperthit, Albit, Biotit, etwas Ägirindiopsid, samt reichlich Orthit.

d. Ägiringranite.

Das Vorkommen von Ägiringraniten in dem hier beschriebenen Gesteinsstamme mutet seltsam an, ist aber sichergestellt. Wie mir Professor BRÖGGER freundlichst mitteilte, besaß bereits A. SJÖGREN in Stockholm Mitte der achtziger Jahre Handstücke eines Ägiringranits von Jotunheimen,

¹ Man vergleiche auch C. F. KOLDERUP, Bergens Mus. Aarb. 1896, No. 5, Bergens Mus. Aarb. 1914/15, No. 8.

² Auch unter dem Material, welches BJÖRLYKKE gesammelt hat, findet sich von derselben Halbinsel ein Granit mit Ägirindiopsid.

näherer Fundort jedoch unbekannt. In BJÖRLYKKE'S Monographie wird das Vorkommen von Ägirin in mehreren Graniten von Jotunheimen angegeben, sämtliche Fundorte liegen in dem Landstück östlich vom Tyin, südlich vom Bygdin. Eine erneute Untersuchung seines Materials ergab, daß in mehreren Fällen eine Verwechslung des vermeintlichen Ägirins mit Orthit und Epidot-Orthit stattgefunden hatte, aber in einem Falle erwies sich der Ägirin als unzweifelhaft richtig bestimmt, nämlich in einem Granite von Sanddalen, nahe Gravdalen. Das Gestein enthielt neben Ägirin auch verschiedene Alkali-amphibole.

Das Vorkommen von Ägiringranit in dem Stamme der Bergen-Jotun-Gesteine erschien mir so bemerkenswert, daß ich den Fundort selbst zu untersuchen wünschte, da ja die Möglichkeit vorlag, daß der Ägiringranit eine mitgerissene Scholle älteren Gesteins in fremder Umgebung darstellte. Ich besuchte das Vorkommen im Sommer 1915 und konnte BJÖRLYKKE'S Angaben vollständig bestätigen, nördlich der Kirche von Öie in Valdres findet sich im Hochgebirge ein Gebiet unzweifelhaften Alkaligranits, welcher, wie die andern Granite des Stammes, die gabbroiden Jotungesteine durchsetzt, selbst aber älter ist als der Abschluß der Gebirgsbildung und deutliche Pressung aufweist. Besonders gute Aufschlüsse des Ägiringranits liegen an dem Bache Jonsskardelven.

Der mittelkörnige, hellgraue Alkaligranit enthält neben Albit-Mikroperthit und Albit mehr oder weniger reichlichen Quarz, sodann Ägirin, arfvedsonitischen Amphibol und Riebeckit, Biotit, etwas Eisenerz, reichlich Titanit, Zirkon und Orthit, etwas Apatit, ferner Lievrit als Sekundärbildung.

Eine Analyse, welche von Herrn Chemiker O. RÖER, Norsk kemisk Bureau, ausgeführt wurde, ergab:

Alkaligranit, Jonsskardelv.

SiO ₂	66,29
TiO ₂	0,70
ZrO ₂	0,04
Al ₂ O ₃	16,42
Fe ₂ O ₃	1,44
FeO	1,48
MnO	0,16
MgO	0,42
CaO	0,52
BaO	0,01
Na ₂ O	5,62
K ₂ O	6,52
P ₂ O ₅	0,07

CO ₂	0,10
S	0,03
H ₂ O — 105°	0,05
H ₂ O + 105°	0,35
<hr/>	
	100,22

$$\text{Dichte } \frac{20^0}{4^0} = 2,644, \text{ bestimmt von Herrn E. BERNER.}$$

Der niedrige Quarzgehalt stellt das Gestein an die Grenze gegen die Quarz-Syenite, doch sind andre Handstücke desselben Vorkommens bedeutend quarzreicher.

Es mag auch bemerkt werden, daß stellenweise bedeutend ägirinreichere Facies in demselben Gebiete vorkommen.

Bemerkenswert in chemischer Beziehung ist der relativ hohe Kaligehalt des Gesteins, der einen bedeutenden Unterschied gegenüber den Ägiringraniten des Kristiania-Gebiets markiert. Hervorzuheben ist die ziemlich nahe chemische Verwandtschaft zwischen dem relativ quarzarmen Alkaligranit einerseits und dem quarzführenden Hypersthensyenit (S. 43) anderseits.

e. Amphibolgranite.

Amphibolgranite sind unter den sauren Gesteinen des Bergen-Jotun-Stammes sehr verbreitet, vielleicht sogar die häufigsten.

In den meisten Fällen ist ihr Amphibol ein brauner oder grüner. Ich habe viele dieser Amphibole näher untersucht, sie gehören zu den gemeinen Hornblendens. Neben Amphibol findet sich unter den dunklen Mineralen stets auch Biotit.

In andern Amphibolgraniten, die ebenfalls Biotit führen, ist der Amphibol von sehr dunkelgrünlichblauer Farbe, mit kleinem negativen Achsenwinkel, jedoch liegt noch kein echter Alkaliamphibol vor, indem die Schwingungsrichtung γ nicht weit von der Längsrichtung entfernt ist. Die Doppelbrechung dieser Amphibole ist relativ niedrig. Offenbar liegt ein sehr eisenreicher Amphibol vor, der vielleicht einen Übergang zu Alkaliamphibolen vermittelt, indem Gesteine mit diesem Mineral besonders um die Südostecke von Jotunheimen verbreitet sind, wo sie den Alkaligranit von Sanddalen—Jonsskardelven umgeben.

Nicht ganz selten führen *diese* Amphibolgranite auch etwas Fluorit.

Nicht wenige Amphibolgranite von Jotunheimen dürften uralitisierte Pyroxengranite sein, besonders solche mit blaßgrünlichen Amphibolen.

f. Biotitgranite.

Biotitgranite oder Granitite sind neben Amphibolgraniten die häufigsten sauren Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes. Eine nähere Beschreibung dürfte sich erübrigen, da sie sich in nichts von den üblichen Granititen anderer Gebiete unterscheiden, es sei denn durch den oft hohen, nie ganz fehlenden Orthitgehalt, der ihnen und den andern Bergen-Jotun-Graniten zu eigen ist.

Als Typus dieses Gesteins möge der Granit vom Synshorn, am Ostende des Sees Bygdin, erwähnt werden. Der Granit, der eine mächtige Gangmasse durch die basischeren Gesteine an der Südostseite des Synshorns bildet, ist von hellroter Farbe und mittlerer Korngröße. Er ist parallel der Grenzfläche ein wenig gneisartig gestreift, wohl eine primäre Fließerscheinung. Er zeigt deutlich kataklastische Beeinflussung, ferner ist der Oligoklasalbit saussuritisiert, der Biotit teilweise chloritisiert.

Eine Analyse des Gesteins, welche im Jahre 1912 auf meinen Wunsch von Herrn Professor Dr. M. DITTRICH (†), Heidelberg, ausgeführt wurde, ergab:

Biotitgranit, Synshorn, Jotunheimen.

SiO ₂	72,80
TiO ₂	Spur
Al ₂ O ₃	14,55
Fe ₂ O ₃	0,18
FeO	1,04
MnO	Spur
MgO	0,47
CaO	0,82
Na ₂ O	3,54
K ₂ O	5,48
P ₂ O ₅	0,15
CO ₂	0,19
H ₂ O — 110°	0,20
H ₂ O + 110°	0,40
	99,82

Dichte $\frac{20^0}{4^0} = 2,636$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Nicht selten sind die Biotitgranite des Bergen-Jotun-Stammes feinkörnig, gewissermaßen mikrogranitisch.

In relativ seltenen Fällen führen die Biotit-Mikroperthit-Granite eine reichlichere Menge von Oligoklas. Der Oligoklasgehalt kann in sehr seltenen Fällen denjenigen des Kalifeldspats erreichen oder gar überschreiten. In den mir bekannten Fällen sind diese Gesteine jedoch noch immer viel reicher an Kali als die typischen Trondhjemite.

Granitpegmatitische Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes.

Granitpegmatitgänge sind in den Gebieten dieses Stammes gar nicht selten. Sie durchsetzen sowohl die älteren gabbroiden Gesteine des Stammes, wie die granitischen Tiefengesteine, denen sie selbst zugeordnet sind. Als Vorkommen seien die altbekannten Granitpegmatite von Melkedalen erwähnt, bekannt durch ihre Orthite. Gänge dieser Art, öfters mit seltenen Mineralen, sind überhaupt in Jotunheimen verbreitet. Bemerkenswert ist das Vorkommen von Alkaligranitpegmatit mit hübschen Zirkonkrystallen als Gänge im Ägiringranit vom Jonsskardelv (siehe S. 50).

Ganggesteine des Bergen-Jotun-Stammes.

Saure Gangbegleiter der Bergen-Jotun-Eruptive sind schon unter den Graniten ganz kurz erwähnt worden. Auch basische Ganggesteine des Stammes sind gar nicht selten. Eine große Anzahl Vorkommen sind schon von K. O. BJÖRLYKKE in seiner großen Arbeit beschrieben worden. Ich selbst habe auch eine nicht unbedeutende Anzahl solcher Gänge mikroskopisch untersucht, es handelt sich größtenteils um Diabase, Diabasporphyrite und kersantitische Gesteine. Von einer näheren Beschreibung an dieser Stelle muß ich absehn.

Peridotitische Gänge sind schon auf S. 23 erwähnt worden, siehe auch den folgenden Abschnitt.

Bemerkenswert ist der ausgezeichnete Erhaltungszustand mancher dunkler Ganggesteine, so der Diabase im Labradorfels von Espedalen, wie schon BJÖRLYKKE hervorhebt. Als Beispiel solcher Vorkommen kann ich die dunklen Gänge im Labradorfels zwischen Vassenden und Melgaard-Sæter nahe dem Südende des Espedalsvand erwähnen. Das Gestein der Gänge erinnert in seiner Frische geradezu an neovulkanische Bildungen.

Erstarrungsreihenfolge der Bergen-Jotun-Gesteine.

In der vorliegenden Litteratur (BJÖRLYKKE, KOLDERUP, REKSTAD) finden wir bereits zahlreiche Angaben über das gegenseitige Altersverhältnis der Bergen-Jotun-Gesteine. Auch ich hatte Gelegenheit, Beobachtungen über das Altersverhältnis der einzelnen Gesteinstypen anzustellen. Für die größeren Tiefengesteinsmassen sind folgende Altersbeziehungen mit Sicherheit bekannt:

Pyroxenite und Peridotite sind älter¹ als Jotun-Norit und älter als Labradorfels. Normaler Gabbro und normaler Norit sind älter² als Labradorfels.

Jotun-Norit, Labradorfels, normaler Gabbro und Norit, auch Olivindiabas, sind älter als Pyroxensyenite, Monzonite und alle Granite.

Wahrscheinlich sind die normalen Gabbros und Norite älter als Jotun-Norit und Mangerit.

Über das gegenseitige Altersverhältnis zwischen Labradorfels einerseits, Jotun-Norit und Mangerit andererseits, sind wir nicht sicher unterrichtet, doch hält KOLDERUP die Mangerite der Bergen-Bögen für jünger als die dortigen Labradorfelse³. Wir können nach diesen Altersbestimmungen vorläufig drei Gruppen der Tiefengesteine unterscheiden:

Erste Generation.

Pyroxenite und Peridotite, normaler Gabbro, normaler Norit.

Zweite Generation.

Jotun-Norit und Mangerit, Labradorfels.

Dritte Generation.

Pyroxensyenite und Monzonite, alle Granite.

Spätere Untersuchungen werden gewiß eine Einteilung in mehr als drei Gruppen ermöglichen.

Somit erweist sich die Erstarrungsreihenfolge der Bergen-Jotun-Gesteine in großen Zügen als eine Bestätigung der Regel von BRÖGGER über die zunehmende Acidität der Tiefengesteine innerhalb einer Eruptionsprovinz.

Einige vorläufige Bemerkungen über die magmatische Differentiation im Stamme der Bergen-Jotun-Gesteine.

Die Bergen-Jotun-Gesteine bilden ein ausgezeichnetes Beispiel eines genetisch verbundenen Gesteinsstammes, welcher offenbar durch Differentiation aus einem Stammagma entstanden ist. Man könnte versucht sein, die Zusammensetzung dieses Stammagmas aus den vorliegenden Gesteinsanalysen und der Raumerfüllung der einzelnen Typen zu berechnen.

¹ Eine Ausnahme bilden die *gangförmigen* Pyroxenperidotite, welche von J. REKSTAD aus dem Gebiete von Indre Sogn beschrieben werden. Auch im Bergen-Gebiete treten nach KOLDERUP Gänge von Peridotit im Labradorfels auf.

² Eine Ausnahme bilden *gangförmige* Gabbrogesteine, welche nach K. O. BJÖRLYKKE den Labradorfels von Espedalen durchsetzen.

³ Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12, S. 111.

Eine solche Berechnung wäre jedoch jedenfalls sehr unsicher, da einerseits große Massen der Gesteine unter der Oberfläche liegen, anderseits sehr große Massen schon durch Erosion entfernt sind.

Die Durchschnittszusammensetzung der *sichtbaren* Bergen-Jotun-Gesteine dürfte ungefähr dem Jotun-Norit entsprechen. Erstens nehmen der Jotun-Norit und der nahe verwandte Mangerit allein etwa die Hälfte des gesamten Gebiets ein, zweitens dürfte die Zusammensetzung der übrigen Gesteinstypen (dunkle basische Gesteine, Labradorfelse, syenitische und granitische Gesteine) im Durchschnitt dem Jotun-Norit sehr nahe stehn.

Über die Art der stattgefundenen Differentiationsvorgänge erhalten wir Andeutungen, wenn wir festzustellen suchen, welche der Tiefengesteinstypen durch allmähliche Übergänge gegenseitig verknüpft sind.

Peridotit—Pyroxenit.

Norit—Pyroxenit.

Norit—Gabbro.

Norit—Labradorfels.

Jotun-Norit—Norit.

Jotun-Norit—Mangerit.

Pyroxensyenit—Mangerit.

Pyroxensyenit—»Monzonit«.

Pyroxensyenit—Biotitsyenit.

Pyroxensyenit—Pyroxengranit.

Hypersthengranit—Augitgranit—Ägirindiopsidgranit—Ägiringranit.

Ferner Übergänge zwischen diesen vier Granittypen einerseits, Amphibolgranit und Biotitgranit anderseits.

Die Vorgänge der Differentiation sind auch weiter unten, im allgemeinen Teile, behandelt.

Die geologische Lagerungsform der Bergen-Jotun-Gesteine.

Die Lagerungsform der Bergen-Jotun-Gesteine ist sehr stark durch die gebirgsbildenden Vorgänge beeinflusst; mehr als einer der andern Gesteinstämme zeigt der Bergen-Jotun-Stamm tektonische Verfrachtungen.

Es zeigt sich dies schon im makroskopischen und mikroskopischen Habitus der Gesteine an der großen Verbreitung kataklastischer Erscheinungen, die bis zu Ultramyloniten¹ führen können, in denen man nur mit

¹ Über den Begriff „Ultramylonit“ siehe R. STAUB: Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge, S. 77. Vierteljahrsschrift d. Naturforsch. Ges. Zürich, Jahrgang 60, 1915.

Hilfe allerstärkster Vergrößerungen die einzelnen Mineralkörner unterscheiden kann.

Kataklastische Erscheinungen zeigen sich auch an den Angehörigen der beiden andern Hauptstämme, besonders an einzelnen Stellen starker tektonischer Beanspruchung, doch sind sie nicht derart allverbreitet wie bei den Bergen-Jotun-Gesteinen.

Die Beteiligung der Bergen-Jotun-Gesteine an den gebirgsbildenden Bewegungen zeigt sich nicht nur im Kleingefüge, sondern auch in der geologischen Lagerungsform im großen.

Die östlichen Teile der großen Bergen-Jotun-Eruptivmasse zwischen Gudbrandsdalen im Norden, dem Hardangerfjord im Süden, liegen als Decken über den Sedimenten des Kambriums und Untersilurs, und denen des Hochgebirgsquarzits¹, an ihrer Unterseite mylonitisiert, uralitisiert, saussuritisiert.

Nach Nordwesten senken sich die Bergen-Jotun-Gesteine in den großen südnorwegischen Faltungsgraben hinab², wo sie ihre Wurzeln haben dürften, und wo sie über eine große Strecke eine massive Füllung des Grabens darstellen. An der Nordwestseite des Grabens scheinen sie in ähnlicher Weise überzuquellen wie an der Südostseite, doch nicht über so weite Distanzen.

In den steilstehenden Zügen krystalliner Schiefer in den Bergen-Bögen zeichnen sich die ebenfalls steilstehenden Eruptivplatten des Bergen-Jotun-Stammes als lange schmale Streifen, wie C. F. KOLDERUP es in seinen Untersuchungen gezeigt hat. Die Streifen verlaufen parallel dem Streichen der metamorphen Kambrosilurschichten. Die Eruptivgesteine zeigen großenteils starke kataklastische Beeinflussung und die entsprechenden chemischen Umsetzungen, ein Teil der mechanischen Deformationen ist nach KOLDERUP protoklastisch, ebenso soll in vielen der Gesteine das Auftreten von Granat primär sein.

Die mannigfaltigen Mylonitisierungserscheinungen, die sekundäre Bildung von Amphibol, die Saussuritisierung der Bergen-Jotun-Gesteine werde ich an anderer Stelle beschreiben.

¹ Siehe des Verfassers Publikation: Konglomeraterne inden Høifjeldskvartsen, Norges geol. Unders. Skr. No. 77, 1916.

² Siehe das Profil S. 25 in: J. REKSTAD, Fra Indre Sogn, Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7, sowie des Verf. Geol. petrogr. Studien II, Vid. Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1912, No. 19, auch W. C. BRÖGGER: Norges Geologi, Fig. 20, in „Norge 1814–1914“.

Das Alter der Bergen-Jotun-Gesteine.

Es ist nicht ganz leicht, aus dem vorliegenden Beobachtungsmaterial zwingende Schlüsse über das Alter der Bergen-Jotun-Gesteine zu ziehen. Bei einer kritischen Behandlung der verschiedenen Möglichkeiten gelingt es jedoch, das Alter innerhalb gewisser Grenzen festzulegen, ferner innerhalb dieser Grenzen die verschiedenen Wahrscheinlichkeiten abzuwägen.

Zunächst finden wir, daß die Bergen-Jotun-Gesteine im südlichen Norwegen nicht jünger sein können als die kaledonische Gebirgsbildung. Hierfür zeugt die tektonische Stellung und die starke mechanische Beanspruchung. Ferner wissen wir, daß die intermediären Bergen-Jotun-Gesteine älter sind als die sauren Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes. Die sauren Trondhjemite, welche durch Bergen-Jotun-Gesteine hindurchsetzen (nördlicher Teil von Jotunheimen, Indre Sogn), dürften den späteren, wenn auch nicht den allerletzten, Stadien der Gebirgsbildung angehören, sie sind selbst zum Teil noch von den kaledonischen Bewegungen erfaßt worden (siehe die Beschreibung des Opdalit-Trondhjemit-Stammes). Demnach wären die Bergen-Jotun-Gesteine älter als die späten Stadien der kaledonischen Gebirgsbildung. In Übereinstimmung hiermit finden wir auch, daß Gerölle der Bergen-Jotun-Eruptive bereits im Hochgebirgsquarzit auftreten, der seinerseits wiederum von Bergen-Jotun-Eruptiven überfahren wurde¹.

Das relative Alter der Bergen-Jotun-Gesteine gegenüber den grünen Laven und Intrusivgesteinen ist uns nicht bekannt, doch dürfte die tektonische »mise-en-place« der Bergen-Jotun-Gesteine jünger sein als die Erstarrung der grünen Gesteine.

Es ist nun die Frage, ob die Bergen-Jotun-Gesteine dem alten Grundgebirge angehören, oder jünger sind, etwa spätestens den frühen Stadien der kaledonischen Gebirgsbildung angehören.

Falls genetische Beziehungen zwischen dem Bergen-Jotun-Stamme und den beiden andern Hauptstämmen der Eruptivgesteine vorliegen, so wäre damit das präkambrische Alter des Bergen-Jotun-Stammes ausgeschlossen, denn beide andern Stämme sind unzweifelhaft postkambrisch. Diese Frage nach eventuellen Verwandtschaftsbeziehungen der drei Gesteinsstämme ist im letzten Abschnitt dieser Arbeit behandelt; es läßt sich noch keine sichere Entscheidung darüber treffen.

Wir müssen daher andere Kriterien für eine Altersbestimmung zu finden suchen. Es gilt hier wesentlich die Entscheidung der zwei Möglichkeiten: 1. Die Bergen-Jotun-Gesteine seien bereits vor dem Kambrium

¹ Man vergleiche des Verf. Publikation: Konglomeraterne inden Hoifjeldskvartsen, Norges geol. Unders. Skr. No. 77, 1916.

erstarrt. 2. Die Bergen-Jotun-Gesteine seien erst während den früheren Stadien der kaledonischen Gebirgsbildung verfestigt worden.

Im Folgenden werde ich versuchen, die beiden Auffassungen gegeneinander abzuwägen.

1. Für ein präkambrisches Alter der Bergen-Jotun-Gesteine sprechen folgende Tatsachen:

a. Zum mindesten während des letzten Stadiums der tektonischen Verfrachtung waren die Bergen-Jotun-Gesteine bereits erstarrt (man vergleiche das vorige Kapitel).

b. Zum mindesten an den südöstlichen peripheren Teilen der Jotun-Eruptive fehlen kontaktmetamorphe Beeinflussungen des Nebengesteins. Kontakterscheinungen im Gebiete von Indre Sogn könnten den dortigen Trondhjemiten zugeschrieben werden.

c. Die nahe petrographische Verwandtschaft mit dem wohl sicher präkambrischen Eruptivgebiet von Ekersund—Soggendal an der norwegischen Südwestküste kann zugunsten eines gemeinsamen Alters beider Eruptionsprovinzen angeführt werden¹.

d. Gegen eine zeitliche und ursächliche Verknüpfung der Bergen-Jotun-Gesteine mit der kaledonischen Gebirgsbildung kann geltend gemacht werden, daß Gesteinsstämme vom Typus des Bergen-Jotun-Stammes (Anorthosit-Charnockit-Gesteine) anscheinend nicht zum regelmäßigen Bestande großer Faltengebirge gehören, man vergleiche hierüber ein besonderes Kapitel im allgemeinen Teil.

Für ein frühkaledonisches Alter der Bergen-Jotun-Gesteine sprechen folgende Tatsachen:

a. Die Zertrümmerungen in den Gesteinen dieser Familie machen zum Teil den Eindruck protoklastischer Erscheinungen (Bergen-Gebiet, nach KOLDERUP, dasselbe gilt auch für manche Gesteine von Jotunheimen, Verf.), die Gesteine wären demnach bei Beginn ihrer tektonischen »mise en place« noch nicht ganz erstarrt gewesen.

b. In demselben Sinne kann die Tatsache gedeutet werden, daß die Zertrümmerungen und Mineralneubildungen vorzugsweise an den basischen älteren Gesteinen des Stammes vorkommen, etwas weniger an den jüngeren sauren, daß verschieferte Gabbrogesteine des Stammes als Einschlüsse in verwandten jüngeren sauren Gesteinen vorkommen, und daß granitische Nachschübe oft als Lagergänge den Verschieferungsebenen der gabbroiden

¹ Über die nahe petrographische Verwandtschaft beider Gebiete vergleiche man besonders die folgenden wichtigen Arbeiten von C. F. KOLDERUP: Die Labradorfelse des westlichen Norwegens I, Bergens Mus. Aarb. 1896, No. 5, Die Labradorfelse des westlichen Norwegens II, Bergens Mus. Aarb. 1913, No. 12, Egersund, Norges geol. Unders. Skr. No. 71, 1914. In beiden Gebieten findet man Mangerite, Labradorfelse, Hypersthengranite etc.

Gesteine folgen. Erscheinungen solcher Art kann man an vielen Stellen um die Seen Bygdin und Tyin in Jotunheimen studieren. Ähnliches erwähnt KOLDERUP aus dem Bergen-Gebiet.

c. Ebenso beweiskräftig, wie ein Vergleich mit der alten Eruptionsprovinz von Ekersund-Soggendal, wäre ein Vergleich mit den jungen Eruptionsprovinzen ähnlicher Gesteine im nördlichen Norwegen.

d. Ein wichtiges Moment ist die petrographische Verwandtschaft der einzelnen Gesteinstypen und ihre unzweifelhafte gegenseitige Zusammengehörigkeit im Gebiete von Indre Sogn-Jotunheimen. Bei einer Überschiebung alter präkambrischer Gesteinsmassen wäre es ganz rätselhaft, warum gerade Gesteine einer einzigen Eruptionsprovinz überschoben worden sind. Dieses Argument, die genetische Zusammengehörigkeit der deckenförmigen Eruptivmassen, ist auch schon von K. O. BJÖRLYKKE in seiner vollen Bedeutung erkannt worden¹.

e. Von mehreren Lokalitäten wird über Gänge der Bergen-Jotun-Gesteine berichtet, welche durch kambrosilurische Sedimente hindurchsetzen sollen. Von Indre Sogn werden von J. REKSTAD in seiner öfters zitierten Abhandlung mehrere Beispiele dafür angeführt, daß Lagergänge von Labradorfels und verwandten Gesteinen im Phyllit auftreten, ohne daß sich jedoch ganz zwingend entscheiden ließe, ob nicht eingepreßte ältere Schuppen vorliegen. Beweiskräftiger ist der rote Granitgang von Prestun-Sæter im Bergen-Gebiete (siehe S. 48), den KOLDERUP beschreibt. Hier mögen auch die ungepreßten Norit-Gänge Erwähnung finden, welche W. WERENSKIOLD² von Sulsæter, Nordre Fron, an der Nordseite von Gudbrandsdalen beschreibt. Die Gänge setzen zwar nicht durch kambrosilurische Sedimente, wohl aber durch verschieferten Gabbro. Das Gestein der Gänge gehört sehr wahrscheinlich zum Bergen-Jotun-Stamme.

Es scheint mir, daß die hier zusammengestellten Tatsachen mit größerer Wahrscheinlichkeit auf ein frühkaledonisches als auf ein präkambrisches Alter des Bergen-Jotun-Stammes hindeuten.

Zu demselben Resultate kam schon C. F. KOLDERUP für die Gesteine der Bergen-Bögen, J. REKSTAD für diejenigen von Indre Sogn, K. O. BJÖRLYKKE für diejenigen von Jotunheimen.

Bei der Annahme eines solchen, frühkaledonischen, Alters dieser Gesteine wird man zu der Vorstellung geführt, daß die Bergen-Jotun-Gesteine auf den großen Bewegungsflächen des Gebirges emporgedrungen sind. Während und nach ihrer Erstarrung wurden sie auf denselben Bewegungsflächen weiter verfrachtet.

¹ Det centrale Norges Fjeldbygning, Norges geol. Unders. Skr. 39, 1905. S. 557.

² Norsk geologisk Tidsskrift, Bd. III, Hefte 3, S. 38–59 (1915).

DER OPDALIT-TRONDHJEMIT-STAMM.

Die Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes sind durch die ganze Längenerstreckung des hier behandelten Gebirgsteils verbreitet, wenn auch in sehr verschiedener Häufigkeit in den einzelnen Gebieten desselben.

Am zahlreichsten sind sie im Trondhjem-Gebiete vertreten, wo die »weißen Granite« oder *Trondhjemite* das charakteristische Intrusivgestein sind. Weniger häufig als im Trondhjem-Gebiete sind sie in den südlichen Teilen des Faltegebirges, doch auch hier gibt es nicht wenige bedeutende Gesteinsmassen dieser Art.

Die Gesteine dieses Stammes erstrecken sich von basischen Typen (Pyroxenite, Peridotite und gabbroide Gesteine) bis zu sehr sauren granitoiden Typen.

Die bis jetzt bekannten sauren Vertreter dieses Gesteinsstammes sind zahlreicher als die basischen. Es kann dies zum Teil darin begründet sein, daß die basischen Gesteine denen der andern Stämme oft ähnlich sind, und deshalb nicht in allen Fällen dem hier behandelten Stamme mit Sicherheit zugezählt werden konnten.

Zur Untersuchung konnte ich über ein sehr reichliches Material verfügen. Erstens über das sehr vollständige Material von Eruptivgesteinen des Trondhjem-Gebiets, welches durch TH. KJERULF und dessen Mitarbeiter in den sechziger, siebziger und achtziger Jahren gesammelt wurde, ferner über eine bedeutende Anzahl von Handstücken und Dünnschliffen, welche ich der Liebenswürdigkeit des Münzmeisters C. BUGGE verdanke.

Ferner danke ich Herrn Professor Dr. BJÖRLYKKE für Material aus den südlichsten Ausläufern des Trondhjem-Gebiets, Herrn Dr. H. REUSCH für Trondhjemit-Gesteine aus dem westlichsten Norwegen. Aus der Gegend von Kvikne verdanke ich Herrn Bergmeister C. O. B. DAMM wichtiges Material, ebenso Herrn Professor Dr. W. C. BRÖGGER und Herrn Amanuensis J. SCHETELIG. Ferner konnte ich selbst in den Jahren 1913 und 1914 ein ganz bedeutendes Material der Eruptivgesteine im Trondhjem-Gebiete sammeln. Auch die Trondhjemite und verwandte Gesteine aus dem Stavanger-Gebiete und von Karmö kenne ich aus eigenen Einsammlungen.

Basische Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes.

I. Pyroxenite und Peridotite.

Uralitisierte Pyroxenitnorite finden sich als große Einschlüsse in der Tiefengesteinsmasse von Opdal-Inset, sie sind durch Übergänge mit andern basischen Gesteinen des Gebiets verknüpft. Man kann sie in den neuen Aufschlüssen der Eisenbahn zwischen Stuen und Austberg studieren. Uralitfelse aus dem Kirchspiel Kvikne finden sich unter den Einsammlungen C. O. B. DAMMS aus den Jahren 1896/97. Wie Herr Amanuensis J. SCHETELIG mir freundlichst mitteilte, hat auch er Gesteine dieser Art im Gebiete von Kvikne beobachtet, und zwar als Intrusivgänge in den metamorphen Schiefen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß auch eine Anzahl der Peridotitgesteine im Trondhjem-Gebiet diesem Stamme angehört. K. O. BJÖRLYKKE¹ bemerkt, daß mehrere der serpentinisierten Peridotite im Gebiete von Foldalen geologisch nahe mit Vorkommen »weißer Granite« verknüpft sind.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch andere Peridotite, für welche eine solche geologische Verknüpfung noch nicht nachgewiesen ist, ebenfalls zu demselben Gesteinsstamme gehören, doch muß ich die nähere Diskussion dieser Frage auf eine spätere Gelegenheit verschieben.

Ferner gehören zu dem hier behandelten Stamme wohl auch einige Vorkommen von Topfstein innerhalb der Gula-Gesteine im Trondhjem-Gebiet.

II. Gabbroide Gesteine.

Gabbroide Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes finden wir vielerorts im Trondhjem-Gebiet, auch im südwestlichen Norwegen sind sie vertreten.

Zum Teil handelt es sich um noritische Gesteine von vollkommener Frische, zum Teil um uralitisierte und saussuritisierte Gesteine derselben Art, zum Teil auch schon um Amphibolite.

Die beste Gelegenheit zum Studium frischer gabbroider Gesteine des Stammes bietet die große Eruptivmasse von Opdal-Inset.

Ein großer Teil des Gebiets wird hier von noritischen Gesteinen eingenommen, unter denen, wie schon C. BUGGE bemerkt², Quarz-Biotit-Norite am häufigsten sind.

¹ Det centrale Norges Fjeldbygning, S. 155, siehe auch S. 307.

² Rennebu, Norges geol. Unders. Skr., No. 56, 1910.

Im großen und ganzen dürften die noritischen Gesteine hauptsächlich den zentralen Teil der basischen Eruptivmassen von Opdal-Inset zusammensetzen, während saurere Hypersthen-Glimmer-Diorite und Opdalit vorzugsweise (doch nicht immer) randlich auftreten.

Es sind bräunlichgraue Gesteine von gabbroidem Habitus, in welchen man bereits makroskopisch die großen Plagioklastafeln (bis zu 3 cm Länge) erkennt, welche durch ihre Anordnung mitunter eine grobe Fluidalstruktur andeuten. Neben den Pyroxenmineralen erkennt man makroskopisch in den meisten dieser Gesteine Tafeln eines braunen Biotits.

Es finden sich verschiedene Varietäten noritischer Gesteine, wobei wir hier von allen sekundären Veränderungen (Saussuritisierung, Uralitisierung etc.) absehn.

Einerseits findet man typische Norite mit den Hauptgemengteilen basischer Plagioklas und Pyroxene (unter den letzteren Hypersthen vorherrschend), sowie etwas Biotit, doch bedeutend weniger als Pyroxen und jünger als dieser, ferner als Neben- und Übergemengteile Erze, Apatit, Spuren von Quarz und als Seltenheit einen Rand von Kalifeldspat um Plagioklas¹. Beiderlei Pyroxene zeigen die üblichen braunen Ilmenitblättchen.

Durch Anreicherung der dunklen Gemengteile gehn diese Gesteine in pyroxenitische Norite über.

Andererseits zeigen sehr viele der Norite einen nicht unbeträchtlichen Gehalt an Biotit. Bei Steigerung des Biotitgehalts beginnt auch bald der Quarzgehalt zu wachsen, und man gelangt zu den eigentlichen Quarz-Biotit-Noriten, dann zu den Hypersthen-Glimmer-Dioriten.

Der Plagioklas der noritischen Gesteine zeigt stets ausgesprochenen Zonenbau mit kalkreichem Kern, natronreicher Hülle. In sehr vielen, fast allen, Noriten der Opdal-Inset-Masse beobachtet man unter dem Mikroskop, daß zwei Generationen von Plagioklasen auftreten, wobei die jüngeren, kleineren Plagioklase natronreicher sind als die großen, älteren Plagioklase. Da auch die zweite Generation von Plagioklasen eine nicht unbedeutende Korngröße besitzt, zeigt sich die porphyritische Struktur erst am Dünnschliff, und auch hier erkennt man ihre Bedeutung erst bei Untersuchungen über den Anorthitgehalt der einzelnen Plagioklaskrystalle. Durch die relativ bedeutende Korngröße auch der zweiten Generation von Plagioklasen zeigen die Opdal-Inset-Norite makroskopisch ausgesprochenen Tiefengesteins-habitus. Man könnte die Gesteine nach ihrer Struktur als schwach porphyritische Norite bezeichnen.

¹ Weniger selten sind vereinzelte unregelmäßig geformte Einschlüsse von Kalifeldspat in den randlichen Partien der Plagioklase. Dieselben zeigen keine Ähnlichkeit mit den schönen Antiperthitspindeln so vieler Bergen-Jotun-Gesteine.

Folgende Zahlen (die sich auf das analysierte Handstück beziehen, siehe weiter unten) mögen einen Begriff von der Korngröße geben:

Große Plagioklastafeln	15—20 mm.
Kleine Plagioklastafeln	1—3 »
Pyroxene	2—3 »
Biotit	1—10 »

Die großen Plagioklase sind in ihrem Kerne durchwegs basischer Labrador (im analysierten Gestein mit 58 % An.), in ihrer Hülle saurer Andesin (im analysierten Gestein bis 32 % An. sinkend), die kleinen Plagioklase zeigen schwächeren Zonenbau, der sich innerhalb der Andesinreihe hält (im analysierten Gestein Kern 39—43 % An., Hülle sinkend bis 31 % An.).

Der Hypersthen der Norite zeigt in Schnitten senkrecht auf die erste negative Bisektrix (Schnitte parallel b {010}, bei Aufstellung analog dem monoklinen Augit) eine eigentümliche Streifung parallel der Vertikalachse. Es hat auf den ersten Blick den Anschein, als sei der Krystall nur pseudorhombisch, aufgebaut aus dünnen verzwillingten Lamellen von Klinohypersthen, Zwillingschene und Verwachsungsebene a {100}. Indessen ließ es sich in allen näher untersuchten Fällen durch Anwendung starker Vergrößerungen konstatieren, daß die Streifung durch lamellare Verwachsung mit monoklinem Augit bedingt war. Die äußerst dünnen Augitstreifen sind teils parallel {100}, teils parallel {110} eingelagert. Es hat den Anschein, als sei dieser Augit erst sekundär aus einem ursprünglich homogenen Mischkrystall ausgeschieden.

Ob daneben vielleicht mitunter auch wirklicher verzwillingter Klinohypersthen vorkommt, konnte noch nicht sicher entschieden werden.

Dasselbe gilt auch für den Hypersthen der Diorite und des Opdalits.

Der Hypersthen in den Noriten ist deutlich älter als der Diallag, oft wird er von diesem orientiert umwachsen.

Neben oxydischen Eisenerzen findet sich in den Noriten auch etwas Magnetkies.

Von dem häufigsten Typus der noritischen Gesteine in der Opdal-Inset-Masse habe ich eine Analyse ausführen lassen. Das Gestein ist ein schwach porphyritischer quarzarmer Quarz-Biotit-Norit von der Eisenbahnlinie gegenüber den Höfen Gissenaas. Die Analyse, ausgeführt von Herrn Chemiker OLAF RÖER, Norsk kemisk Bureau, Kristiania, ergab die unter I angeführten Zahlen. Unter II habe ich zum Vergleich die schon öfters zitierte mittlere Zusammensetzung basaltischer Gesteine nach R. A. DALY angeführt.

	I	II
	Quarz-Biotit-Norit, Bahnlinie gegenüber Gissenaas, Opdal-Inset-Masse.	Durchschnittliche Zusammensetzung der Basalte, nach R. A. DALY.
SiO ₂	51,67	49,06
TiO ₂	1,82	1,36
Al ₂ O ₃	15,42	15,70
Fe ₂ O ₃	1,04	5,38
FeO	9,32	6,37
MnO	0,19	0,31
MgO	7,13	6,17
CaO	8,56	8,95
BaO	0,00	
Na ₂ O	2,98	3,11
K ₂ O	0,92	1,52
P ₂ O ₅	0,27	0,45
CO ₂	Spur	
S	0,06	
H ₂ O — 105 ⁰	0,08	} 1,62
H ₂ O + 105 ⁰	0,59	
	100,05	

Dichte $\frac{20^0}{4^0} = 2,982$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Das Gestein zeigt somit einen ausgesprochen basaltisch-gabbroiden Chemismus.

Eine Berechnung des Mineralbestandes wird in einem späteren Kapitel mitgeteilt.

Im selben Eruptivgebiete finden sich auch ganz ausgesprochen porphyritische Quarz-Biotit-Norite mit *feinkörniger* Grundmasse und großen (mehrere cm.) Einsprenglingen von Plagioklas. Vielleicht handelt es sich hierbei um eingebrochene Schollen hypabyssischer Grenzfacies.

Die saussuritisierten und uralitisierten Facies der Opdal-Inset-Norite gedenke ich in einer späteren Publikation zu beschreiben, der Zweck der vorliegenden Abhandlung ist hauptsächlich die übersichtliche Beschreibung der *primären* Gesteine.

Nahe verwandt mit den Noriten von Opdal-Inset dürfte die basische Eruptivmasse sein, welche auf A. E. TÖRNEBOHMS Karten zwischen Mælsjøen und dem Flusse Einunda eingezeichnet ist¹.

¹ In seiner Arbeit: Det centrala Skandinaviens Bergbyggnad, S. 107, nennt er das Gestein einen mittelgroben biotit- und hypersthenführenden Gabbro.

Opdalit-Trondhjemit-Gesteine I.



1. Norit, biotitführend, ca. 1,5 km. nördlich Stuthaug, Opdal-Inset-Masse. Vergr. 16.



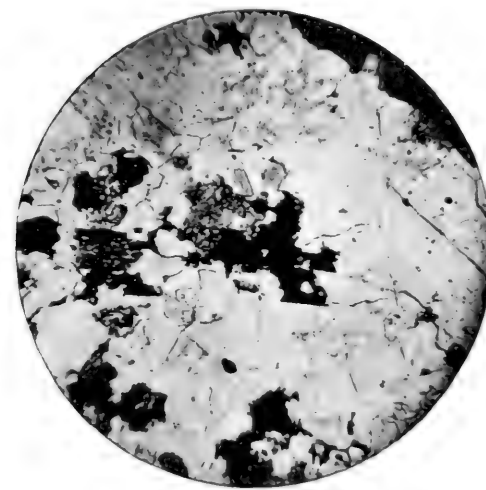
2. Sekundäres „dioritisches“ Gestein, nordöstlich Fokstuen, Dovrefjeld. Der Plagioklas zeigt beginnende Saussuritisierung Vergr. 16.



3. Hypersthen-Glimmer-Diorit, südlich Austberg, Opdal-Inset-Masse. Orig. Anal. Vergr. 16.



4. Hypersthen, umwachsen von Biotit, Hypersthen-Glimmer-Diorit, südlich Austberg, Opdal-Inset-Masse. Vergr. 16.



5. Opdalit, südlich Austberg, Opdal-Inset-Masse. Vergr. 16.



6. Dasselbe Gestein wie Fig. 5, aber Nicols +. Man beachte den Mikroklinmantel des Plagioklases.

Quarz-Biotit-Norite sind auch unter den vorliegenden Einsammlungen aus der Eruptivmasse von Høi-Gien vertreten.

Gesteine gabbroider Zusammensetzung sind auch unzweifelhaft weit verbreitet unter den dunklen basischen Facies der sogenannten »Diorite« des Opdalit-Trondhjemit-Stammes, so zum Beispiel in dem großen Gebiete intermediärer und basischer Gesteine nördlich von Fokstuen auf dem Dovrefeld.

Südlich von Guldalen liegt eine recht große dunkle Tiefengesteinsmasse am See Öiungen, südwestlich der Bahnstation Eidet. In der älteren Litteratur wird das Gestein teils als Gabbro, teils als Diorit bezeichnet¹. Die Zugehörigkeit des Gesteins zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme ist sehr wahrscheinlich, da es einerseits mit Trondhjemiten anscheinend nahe geologisch verknüpft ist, anderseits wohl die unmittelbare Fortsetzung der Tiefengesteinsmasse von Eidet darstellt, von welcher es nur durch ein hochkontaktmetamorphes Stück des Daches getrennt ist. Mir lagen nur zwei Handstücke der Öiungen-Masse vor, welche von K. M. HAUGAN gesammelt waren. Dünnschliffe zeigten, daß es sich um biotitführende, fast völlig uralitisierte gabbroide Gesteine handelt, wie sie unter den basischen Vertretern des Opdalit-Trondhjemit-Stammes nicht selten angetroffen werden. Eine nähere Untersuchung des Gebiets wäre jedoch erwünscht, um die Stammeszugehörigkeit ganz sicher festzustellen.

Über das Vorkommen gabbroider Opdalit-Trondhjemit-Gesteine im östlichen Teile des Trondhjem-Gebiets vergleiche man auch S. 11.

Amphibolitische Gesteine werden als Randfacies der Trondhjemit von Rennebu beschrieben². Ich selbst fand Uralit-Saussurit-Gesteine als Intrusionen längs der Westgrenze des Trondhjem-Gebiets westlich von Meldalen, wo diese Gesteine in naher geologischer Verknüpfung mit Trondhjemiten und Trondhjemit-Granuliten auftreten. Auch diese gabbroiden Gesteine dürften wohl mit dem Trondhjemit stammverwandt sein.

Im südlichen Teil des Gebirges sind gabbroide Gesteine desselben Stammes sicherlich auch vertreten, aber können noch nicht aus der großen Menge der Gabbrogesteine der beiden andern Stämme heraus erkannt werden.

Ein ziemlich sicheres Gebiet gabbroider Gesteine des Stammes bildet das Vorkommen auf der Insel Utsire im offenen Meere westlich Karmøen, ein Gebiet, das von C. F. KOLDERUP und P. O. OTTESEN³ beschrieben

¹ A. E. TÖRNEBOHM nennt es einen mittelgroben Hornblendegabbro, mitunter etwas Olivin enthaltend (Det centrale Skandnaviens Bergbyggnad, S. 107).

² C. BUGGE, Rennebu, Norges geol. Unders. Skr. No. 36, 1910.

³ Utsires Fjeldbygning og Bergarter, Bergens Mus. Aarb., 1911, No. 17.

worden ist. Die Zugehörigkeit zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme wird durch die innige Verknüpfung mit saurem Trondhjemit wahrscheinlich gemacht.

Vorkommen von Kies in Verknüpfung mit basischen Opdalit-Trondhjemit-Gesteinen werden von C. BUGGE (l. c.) beschrieben. Hier wären auch die Nikkel-Magnetkies-Vorkommen von Skjækerdalen zu erwähnen, die außerhalb des hier behandelten Gebiets liegen (siehe auch im allgemeinen Teile dieser Abhandlung den Vergleich mit andern Teilen des kaledonischen Gebirges).

Intermediäre Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes.

Zu den intermediären Gesteinen des Opdalit-Trondhjemit-Stammes zähle ich eine Anzahl dioritischer Gesteine, sowie den Opdalit. Es sei schon hier bemerkt, daß es keine scharfe Grenze zwischen den gabbroiden und den dioritischen Gesteinen dieses Stammes gibt.

I. Diorite.

In der vorliegenden geologisch-petrographischen Litteratur über das südliche Norwegen ist eine große Anzahl von Gesteinen als »Diorit« bezeichnet. Schon bei rascher Durchsicht des vorliegenden Materials erkennt man, daß hier sehr verschiedene Gesteine unter einem Sammelnamen vereinigt sind. So zum Beispiel eine große Anzahl uralitisierter gabbroider Gesteinstypen verschiedenster Stämme.

Doch finden sich auch typische Diorite im engeren Sinne dieses Namens. Soweit ihre Stammeszugehörigkeit bekannt ist, gehören sie zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme.

Unter den Opdalit-Trondhjemit-Gesteinen finden sich zwei Typen dioritischer Gesteine, a) Hypersthen-Glimmer-Diorite und b) gewöhnliche Hornblende-Diorite.

a. Hypersthen-Glimmer-Diorite.

In der großen Tiefengesteinsmasse von Opdal-Inset sind Hypersthen-Glimmer-Diorite nicht selten. Sie sind durch alle Übergänge mit den Quarz-Biotit-Noriten verbunden, von denen sie sich nur durch den höheren Gehalt an Biotit und Quarz unterscheiden, ferner durch den etwas geringeren Kalkgehalt der Plagioklase. Makroskopisch sind sie von den Quarz-Biotit-Noriten nur durch den höheren Biotitgehalt unterscheidbar.

Sie bestehn aus Plagioklas, Pyroxenen (Hypersthen und diopsidischer Augit), sehr viel Biotit, Quarz, Erzen und Apatit. Durch Hinzutreten von Kalifeldspat (welcher den typischen Gesteinen dieser Art fast ganz fehlt) gelangen wir zum Opdalit (siehe diesen). Sehr oft zeigt sich eine schwache Porphyrstruktur, indem Plagioklas in zwei Generationen auftritt. Wir finden große (etwa 5—10 mm.) Plagioklastafeln erster Generation, reichlicher kleinere (etwa 1—3 mm.) Plagioklastafeln.

Die Pyroxene sind 1—3 mm. groß, die Biotite 3—8 mm.

Die großen Plagioklase zeigen einen basischen Kern, dessen Anorthitgehalt unregelmäßig fleckig von 61—50 % An. wechselt. Man erhält den Eindruck, als sei ein zuerst ausgeschiedener Plagioklas mit etwa 60 % An. durch das restierende Magma teilweise korrodiert und an Anorthitgehalt vermindert worden. Um diesen kalkreichen Kern findet man Hüllen, deren Anorthitgehalt nach außen meist bis 30 % An. sinkt. Die Plagioklase zweiter Generation entsprechen in ihrer Zusammensetzung den äußeren Teilen der Hülle, auch sie sind schwach zonar gebaut, Kern 32—34 % An., Hülle 30—31 % An.

Zonenbau zeigt sich auch beim Hypersthen, dessen Hülle deutlich eisenreicher ist als der Kern. Oft sieht man auch eine Hülle von Diallag um den Hypersthen.

Der Biotit ist jünger als die Pyroxene.

Quarz bildet eine jüngste Füllmasse zwischen den Individuen der Plagioklase, seine Menge ist oft recht bedeutend.

Neben- und Übergemengteile sind Apatit und (spärliche) Eisenerze, sowie Magnetkies.

Ein (schwach porphyritisches) Handstück aus dem großen Eisenbahneinschnitt gleich südlich von Austberg wurde auf meine Veranlassung durch Herrn Chemiker O. RÖER analysiert. Dieser fand:

Hypersthen-Glimmer-Diorit,
südl. v. Austberg, Opdal-Inset-Masse.

SiO ₂	57,63
TiO ₂	0,97
Al ₂ O ₃	16,33
Fe ₂ O ₃	0,84
FeO	5,68
MnO	0,10
MgO	5,47
CaO	6,39
BaO	0,06
Na ₂ O	3,22

K ₂ O	2,20
P ₂ O ₅	0,07
CO ₂	0,12
S	0,03
H ₂ O — 105 ⁰	0,06
H ₂ O + 105 ⁰	0,82
	<hr/> 99,99

$$\text{Dichte } \frac{20^0}{+^0} = 2,842, \text{ bestimmt von Frl. M. JOHNSON.}$$

Wie man sieht, unterscheidet sich das Gestein vom Quarz-Biotit-Norit desselben Gebiets durch höheren Gehalt an Kieselsäure und Alkalien, besonders Kali, durch geringeren Gehalt an Eisenoxyden, Magnesia und Kalk.

Über die Differentiationsvorgänge hierbei siehe ein späteres Kapitel. Ebendort wird auch eine Berechnung des Mineralbestandes mitgeteilt.

b. Ordinäre Diorite.

In der Eruptivmasse von Opdal-Inset findet man alle Übergänge zwischen den primären pyroxenführenden Hypersthen-Glimmer-Dioriten und Opdaliten einerseits und amphibolführenden verwandten Gesteinen anderseits. Der Amphibol in diesen Dioriten ist teils ein brauner oder grünlichbrauner, der offenbar schon frühzeitig entstanden ist, ja teilweise sogar primär sein dürfte, teils ein grüner bis graugrüner, der unzweifelhaft sekundär ist, oft auch noch Pyroxenreste umschließt, oder durch seine Form als Uralit kenntlich ist. Eine häufige, recht charakteristische Eigenschaft dieser sekundären Amphibole ist es, daß ihr Kern oft von dunklen Staubkörnchen erfüllt ist, es handelt sich um die Reste der braunen Ilmenit tafeln im ursprünglichen Pyroxen. Gleichzeitig mit dem Auftreten der grünen sekundären Amphibole pflegt der Kalifeldspat (falls solcher vorhanden war) zu Schachbrettalbit umgewandelt zu werden. Biotit entsteht dann auch oft als Neubildung, häufig in orientierter Verwachsung mit grünem Amphibol (Spaltbarkeit des Biotits parallel der Vertikalachse des Amphibols). Bei noch weitergehender Umwandlung wird der Plagioklas saussuritisiert, dann der Biotit chloritisiert.

Solche sekundär veränderte Gesteine von »dioritischem« Habitus sind in der Opdal-Inset-Masse sehr verbreitet. Man kann sie in verschiedenen Ausbildungsarten in den südlichsten Bahneinschnitten am Flüschen Gisna studieren.

Wahrscheinlich ähnlicher Entstehung ist ein großer Teil der andern Dioritvorkommen, welche dem Opdalit-Trondhjemit-Stamme angehören. Im folgenden seien einige Vorkommen solcher Gesteine genannt.

Im Tale der Gula finden sich dioritische Gesteine als Teilbestandteil der Intrusivmassen zwischen Singsaas und Langletet, so besonders in der unmittelbaren Umgebung der Bahnstation Reitstøen, wo sie in großer Mannigfaltigkeit auftreten. Es sind Gesteine von sehr unruhigem Habitus, bald fein, bald grobkörnig, bald ziemlich leukokrat, bald mit Übergängen zu dunklen, äußerst amphibolreichen Facies. Der Amphibol ist zum Teil sicher ein Uralit, zum Teil ist er primär (so besonders in manchen grob-pegmatitischen Facies).

Dioritische Faciesbildungen finden sich auch eingeschlossen als große Schollen im Trondhjemit bei Eidet, ebenfalls im Tale der Gula, so besonders schön an den Bahneinschnitten bei der Station.

Eine kleine Masse »dioritischen« Gesteins findet sich auch bei der Bahnstation Reitan, etwas weiter südlich, doch möchte ich nach dem bis jetzt vorliegenden Materiale eher glauben, daß diese Eruptivmasse zu dem Stamme der grünen Gesteine gehört¹.

Über den »Diorit« von Öiungen siehe S. 65.

Dunkle dioritische Facies unseres Gesteinsstammes finden sich auch als eingeschlossene Schollen in den Trondhjemiten im östlichen Teile des Kirchspiels Kvikne. Material dieser Gesteine ist von W. C. BRÖGGER und J. SCHETELIG gesammelt worden.

Zu den »Dioriten« des Opdalit-Trondhjemit-Stammes gehört endlich auch der größte Teil der dunklen Tiefengesteinsmasse nördlich Fokstuen, die bereits unter den gabbroiden Gesteinen (siehe S. 65) erwähnt worden ist. Auch hier dürfte es höchst wahrscheinlich sein, daß zum mindesten der überwiegende Teil der (oft auch biotitreichen) Diorite das Uralitisierungsprodukt eines ursprünglichen Pyroxengesteins darstellt. Die Zugehörigkeit dieser »Diorite« zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme ist ganz sicher, wie die innige Verknüpfung mit dem typischen Trondhjemit von Fokstuen—Dombaas beweist.

Eines der sicher sekundären »dioritischen« Gesteine von hier ist auf Tafel IV, Fig. 2 dargestellt.

Es besteht auch die Möglichkeit, daß unter den »dioritischen« Gesteinen von Bömmeløen, Stordøen und Tysnesøen an der Mündung des Hardangerfjords (vergl. S. 8 und 12) auch Diorite des Opdalit-Trondhjemit-Stammes vertreten sind. Vorläufig habe ich jedoch, da noch nicht genügend Material zu einer Sonderung vorliegt, alle basischen und intermediären Tiefengesteine dieses Gebiets zum Stamme der grünen Gesteine gerechnet.

¹ Auf der geologischen Karte in Vid.-Selsk. Skr. I. M.-N. Kl. 1915, No. 10 habe ich diese Eruptivmasse versehentlich unter den Opdalit-Trondhjemit-Gesteinen eingetragen.

II. Opdalit.

Mit dem Namen Opdalit bezeichne ich einen eigentümlichen Tiefengesteinstypus, den ich zuerst in der Opdal-Inset-Masse gefunden habe.

Makroskopisch macht der Opdalit den Eindruck eines mittelkörnigen Tiefengesteins von hellgrauer Farbe mit einem Stich ins bräunliche. Man erkennt mit bloßem Auge Plagioklastafeln, Pyroxen und Biotit.

Am Dünnschliff erkennt man, daß als helle Minerale Plagioklas, Kalifeldspat und Quarz auftreten, als dunkle Minerale Pyroxene (Hypersthen und diopsidischer Augit) und Biotit. Ferner findet sich etwas Apatit und Erz, als Übergemengteil auch Zirkon, sowie Magnetkies.

Man könnte das Gestein den Hypersthen-Glimmer-Dioriten zuzählen, denen es in vieler Beziehung nahe steht, und mit denen es geologisch eng verknüpft ist. Wegen des Gehalts an Kalifeldspat könnte man es auch den »Granodioriten« der amerikanischen Geologen einreihen. Wenn ich trotz dieser Ähnlichkeiten für das Gestein einen besonderen Lokalnamen vorschlage, so geschieht dies wegen der eigentümlichen chemischen Zusammensetzung, welche mit großer Genauigkeit der mittleren Zusammensetzung der bekannten Eruptivgesteine entspricht. Das Gestein nimmt somit in chemischer Beziehung eine intermediäre Stellung zwischen den Haupttypen der Eruptivgesteine ein, eine intermediäre Stellung, die sich auch in der Mineralzusammensetzung ausdrückt.

Seltener als die andern intermediären und basischen Gesteine der Opdal-Inset-Masse zeigt der Opdalit Neigung zur Porphyritstruktur. In den allermeisten Fällen besitzt er die hypidiomorph-körnige Struktur der Tiefengesteine ohne porphyritische Entwicklung.

Die Plagioklase des Gesteins besitzen in der Regel eine Größe von 2—6 mm., die Biotite sind gewöhnlich 2—6 mm. groß, die Pyroxene 1—3 mm. Die ausgesprochen tafeligen Plagioklase sind ganz regellos angeordnet. Meist sind sie von Kalifeldspat orientiert umwachsen, auch selbständiger Kalifeldspat kommt in den Zwickeln zwischen den Plagioklasen und den dunklen Mineralen vor.

Die Pyroxene zeigen öfters Andeutungen zu idiomorpher Entwicklung, besonders wo ihre Krystalle von großen Biotiten umschlossen werden. Der Biotit ist durchwegs jünger als die Pyroxene. Quarz in bedeutender Menge bildet die jüngste Füllung aller Zwischenräume.

Die Plagioklase sind durchwegs kalkärmer als in den Hypersthen-Glimmer-Dioriten. Sie sind stets zonar gebaut. Ihr Kern enthält meistens etwa 34 % An., doch findet sich mitunter (nicht immer) ein magmatisch korrodierter innerster Kern, dessen Anorthitgehalt 45—47 % beträgt, ja

bis 53 % steigen kann. Die Hülle der Plagioklase wird nach außen albitreicher, doch nur bis zu einem Gehalt von 24—28 % An.. Ganz ausnahmsweise findet man einen ganz schmalen äußersten Rand mit nur 14 % An., doch dürfte es sich hier wohl nur um eine gelegentliche hydrothermale Albitbildung handeln.

In den (seltneren) Opdaliten mit Neigung zu porphyritischer Entwicklung beobachtet man, daß die großen Plagioklase erster Generation (Größe 3—5 mm.) etwas kalkreicher sind als die kleinen Plagioklase zweiter Generation (Größe 1—2 mm.). Die kalkreichsten Kerne (siehe oben) findet man nur in den Plagioklasen erster Generation.

Der Kalifeldspat ist ein schön gegitterter Mikroklin mit ganz feinen perthitischen Einlagerungen von Albitspindeln. Diese Einlagerungen sind häufiger im Kerne als im Rande der Kalifeldspate. Wie oben erwähnt, bildet der Kalifeldspat vorzugsweise isomorphe Fortwachsungen um die Plagioklase, kommt aber auch selbständig vor.

Die Plagioklase des Opdalits zeigen gewöhnlich schöne Doppelzwillinge nach Albit- und Carlsbader-Gesetz, dazu kommen noch Periklinlamellen. Dieselbe Art der Zwillingsbildung ist auch die übliche bei den Plagioklasen der Diorite und Norite im Opdal-Inset-Gebiet. Die Zwillingsgrenzen nach dem Carlsbader-Gesetz verlaufen bis in den Kalifeldspat hinein.

Die Pyroxene des Opdalits sind ein älterer recht eisenreicher Hypersthen und ein jüngerer sehr hell grünlicher, fast farbloser diopsidischer Augit, mit $c : \gamma = 43-44^\circ$, ganz schwacher Auslöschungsdispersion $v > \varrho$. Die Achse A zeigt ganz schwache Dispersion $\varrho > v$ um γ , die Achse B stärkere Dispersion in demselben Sinne. Der Hypersthen enthält in seinen zentralen Teilen (dagegen nicht im Rande) die üblichen Ilmenitafeln.

Die Menge des Biotits ist recht bedeutend.

An der Grenze von Kalifeldspat und Plagioklas (auch bei orientierter Verwachsung derselben) beobachtet man oft schönsten Myrmekit. Die Pyroxene zeigen in manchen Vorkommen beginnende Uralitisierung, wobei sich aus monoklinen Pyroxen ein bräunlichgrüner Amphibol bildet, aus Hypersthen ein fast farbloser. Andere Vorkommen zeigen fast vollständige Uralitisierung, verknüpft mit Saussuritbildung. Hierbei wird der Mikroklinmantel der Plagioklase nicht selten in »Schachbrettalbit« umgewandelt.

Um die Zusammensetzung des Opdalits kennen zu lernen, ließ ich zwei Handstücke analysieren. Beide stammen aus dem großen Bahneinschnitte unmittelbar südlich von Austberg, wo sowohl Opdalit wie Hypersthen-Glimmer-Diorit (siehe S. 67) vorkommen. Analyse I entspricht einem Opdalit mit ausgesprochener Tiefengesteinsstruktur, Analyse II einem Opdalit mit Hinneigung zu porphyritischer Entwicklung (zwei Generationen von

Plagioklasen). Beide Analysen wurden von Herrn Chemiker OLAF RÖER, Norsk kemisk Bureau, Kristiania, ausgeführt:

	I	II
	Opdalit, südl. Austberg, Opdal-Inset-Masse.	Opdalit, südl. Austberg, Opdal-Inset-Masse.
SiO ₂	62,25	61,64
TiO ₂	0,94	0,97
Al ₂ O ₃	15,15	15,44
Fe ₂ O ₃	0,96	0,92
FeO	4,49	4,64
MnO	0,07	n. best.
MgO	3,92	4,28
CaO	4,47	4,85
BaO	0,06	n. best.
Na ₂ O	3,30	3,55
K ₂ O	3,50	3,24
P ₂ O ₅	0,16	0,15
CO ₂	0,06	0,12
S	0,04	n. best.
H ₂ O -- 105°	0,05	n. best.
H ₂ O + 105°	0,57	0,43
	99,99	100,23
Dichte $\frac{20^0}{4^0} =$	2,777 ¹ .	2,790 ² .

Beide Varietäten zeigen somit kleine Unterschiede in ihrer Zusammensetzung, das Material der Analyse II steht gewissermaßen zwischen dem Opdalit der Analyse I und dem Hypersthen-Glimmer-Diorit derselben Lokalität (siehe S. 67).

Die Übereinstimmung mit der mittleren Zusammensetzung der Eruptivgesteine wird durch die folgende Zusammenstellung deutlich gezeigt. Die Analysen sind darin, nach Abzug von Wasser und Kohlensäure und Reduktion alles Eisens zu FeO, auf die Summe 100 berechnet (unter Vernachlässigung von O = S):

¹ Bestimmt von Frl. M. JOHNSON.

² Bestimmt von Herrn E. BERNER.

	I	II	III	IV
	Opdalit I (nach Abzug von HO ₂ , CO ₂ , O).	Opdalit II	Mittelzusammensetzung der Eruptivgesteine. CLARKE, 1910 ¹ WASHINGTON, 1903 ²	
SiO ₃	62,73	61,89	61,80	59,03
TiO ₂	0,95	0,97	0,75	1,05
Al ₂ O ₃	15,27	15,50	15,49	16,01
FeO	5,40	5,49	5,84	6,97
MnO	0,07		0,10	0,22
MgO	3,95	4,30	4,01	3,89
CaO	4,50	4,87	4,96	5,29
BaO	0,06		0,11	
Na ₂ O	3,33	3,56	3,52	3,96
K ₂ O	3,53	3,25	3,04	3,20
P ₂ O ₅	0,16	0,15	0,26	0,38
S	0,04		0,11	
	99,99	99,98	99,99	100,00

Die Übereinstimmung, besonders zwischen II und III, ist somit eine sehr nahe. In systematischer Beziehung ist der Opdalit deshalb ein Gestein von gewissem Interesse, man vergleiche zum Beispiel A. OSANNS Abhandlung über topische Gesteinsparameter³, in welcher als klassifikatorisches Prinzip die Abweichung der einzelnen Gesteinstypen von der berechneten Mittelzusammensetzung angewandt wird. In ähnlicher Weise habe ich die Bedeutung des Opdalits für eine mögliche Systematik der Eruptivgesteine im Frühjahr 1914 in einem Vortrage in Stockholm (nicht gedruckt) diskutiert. Indessen muß man stets berücksichtigen, daß die Mittelzusammensetzung der Eruptivgesteine nach den Berechnungsweisen von CLARKE und WASHINGTON doch immer nur eine *fiktive* ist, nur gültig unter der Voraussetzung, daß die Gesteine der zugänglichen Erdkruste tatsächlich eine solche Mittelzusammensetzung repräsentieren, und nicht etwa schon in geringen Tiefen schwere basische Typen überwiegen.

Es erschien mir von Interesse, den Mineralbestand des Opdalits aus den beiden Analysen unter Berücksichtigung der mikroskopischen Unter-

¹ Analyses of Rocks and Minerals, S. 9. U. S. Geol. Surv. Bull. 419, 1910.

² Chemical Analyses of Igneous Rocks, S. 108. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper. 14, 1903.

³ Über topische Gesteinsparameter, Sitzungsber. d. Heidelb. Akad. d. Wissensch. Math.-naturw. Kl. Abt. A. 1914, No. 26.

suchung zu berechnen. Eine solche Berechnung leidet natürlich stets unter der Unsicherheit, welche durch die Minerale variabler Zusammensetzung hervorgebracht wird, wobei der Biotit, sobald er in größeren Mengen auftritt, besondere Schwierigkeiten verursacht. Die Berechnung wurde nach folgenden Gesichtspunkten durchgeführt. Zuerst wurden Apatit, Magnetkies, Calcit abgezogen, dann alles Natron als Albit verrechnet, dann soviel Kalk als Anorthit, wie es dem optischen Befund an den Plagioklasen entsprach. Dann wurde Kali an Kalifeldspat und Biotit verteilt, derart, daß nur eine äußerst geringe Menge Tonerde übrigblieb (entsprechend dem optischen Befund an den tonerdearmen Pyroxenen). Bei Analyse I wurde auf einen Tonerderest von 0,17 % hingerechnet, bei II 0,15. Dieser Rest geht in den diopsidischen Augit ein. Als Zusammensetzung des Biotits wurde W. F. HILLEBRANDS¹ Analyse eines Biotits aus Quarz-Monzonit zugrundegelegt, unter Umrechnung des kleinen Natrongehalts in äquivalentes Kali. Der Rest an Titansäure wurde als Ilmenit berechnet, die Menge des Magnetits schätzungsweise gleich einem halben Prozent angenommen. Der noch übrige Rest wurde als Pyroxene und Quarz verrechnet, entsprechend einem Hypersthen und einem diopsidischen Augit. Das Molekularverhältnis Mg:Fe im Hypersthen wurde bei Analyse I gleich 2:1,1 gesetzt, bei Analyse II gleich 2:1.

Natürlich macht diese Berechnungsweise keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit, so wurde der Kaligehalt des Plagioklases vernachlässigt, der Natrongehalt des Mikroklin, ebenso wurde der Natrongehalt des Biotits nicht in Betracht gezogen. Auch von einer näheren Verteilung des Bariums zwischen Biotit und Feldspat habe ich abgesehen.

Die Berechnung lieferte die unter I und II angeführten Zahlen. Zum Vergleiche bringe ich unter III die »Norm« der Mittelzusammensetzung der Eruptivgesteine nach WASHINGTON (vergl. IV S. 73, l. c. S. 115), wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß bei WASHINGTON'S Norm die untergeordneten Gemengteile nicht in Rechnung gebracht wurden.

	I	II	III
Quarz	16,0 ⁰ / ₀	14,0 ⁰ / ₀	8,0 ⁰ / ₀
Kalifeldspat	15,0	13,0	19,8
Albit	28,0	30,1	34,5
Anorthit	15,0	16,0	15,2
Diopsidischer Augit	4,7	5,2	7,7

¹ U. S. A. Geol. Surv. Bull. 419, 1910, S. 289 D.

Hypersthen	8,8	9,3	11,1
Magnetit	0,5	0,5	2,7
Ilmenit	1,2	1,2	0,9
Biotit	10,0	10,5	
Apatit	0,4	0,4	
Magnetkies	0,1		
Calcit	0,1	0,3	
	99,8	100,5	99,9

Es zeigt sich hier, wie so oft, daß die hauptsächliche Abweichung von der »Norm« durch das Auftreten von Biotit bedingt wird, wobei Biotit + Quarz an Stelle von Kalifeldspat + Hypersthen treten.

Der Opdalit südlich von Austberg enthält oft feinkörnige dunkel grünlichgraue Einschlüsse, bestehend aus Plagioklas und Hypersthen, vielleicht Bruchstücke einer feinkörnigen Grenzfacies der Opdal-Inset-Gesteine (oder ein Hypersthenhornfels?).

Die Verbreitung des Opdalit-Typus in der Opdal-Inset-Masse ist auf der Karte, Tafel VI, angedeutet, nach meinen bisherigen Erfahrungen scheint der Opdalit vorzugsweise randlich aufzutreten, der Norit vorzugsweise zentral.

Auch in den übrigen intermediären Gesteinsmassen des Opdalit-Trondhjemit-Stammes dürfte der Opdalit öfters vertreten sein, zum großen Teil wohl zu »Diorit« uralitisiert. Ein Handstück echten Opdalits fand ich unter Material, welches J. MORTENSEN 1863 in der großen Eruptivmasse von Høi-Gien gesammelt hatte (etwa 35 km. südöstlich der Opdal-Inset-Masse).

Von derselben Lokalität fanden sich unter seinen Einsammlungen auch Quarz-Biotit-Norit (siehe S. 65), uralitisierte Gesteine derselben Art, sowie typische Trondhjemite. Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, daß in der Eruptivmasse von Høi-Gien dieselben Gesteinstypen vorkommen wie in der Opdal-Inset-Masse.

Saure Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes.

Trondhjemite.

Das am meisten charakteristische Eruptivgestein des kaledonischen Gebirges im südlichen Norwegen ist der Trondhjemit. Mit diesem Namen bezeichne ich eine eng umgrenzte Gruppe von Tiefengesteinen, die zum Teil schon früher unter verschiedenen Namen in der Litteratur erwähnt sind.

Gewöhnlich wurden die Gesteine dieser Art als »weiße Granite« bezeichnet, ein Name, der sich besonders in den Schriften TH. KJERULFS

vielfach findet. Aber schon KJERULF war darauf aufmerksam, daß diese Gesteinsgruppe in ihrem Mineralbestande wesentlich von den echten Graniten abweicht, wie die Bezeichnung »Oligoklasgranit« zeigt, die er mitunter auf diese Gesteine angewandt hat¹. Auch J. REKSTAD² betonte in einer Arbeit von 1905 den Plagioklasreichtum der »weißen Granite« von Indre Sogn, C. BUGGE den Oligoklasgehalt der »Granite« im Gebiet des Kartenblatts Rennebu³. Eine ausführliche petrographische Beschreibung verdanken wir erst C. F. KOLDERUP⁴, der in einer Publikation über westnorwegische Gesteine dieser Gruppe betont, daß hier ein Gesteinstypus vorliegt, der sich in sehr wesentlicher Weise von wirklichen Graniten entfernt. Er bezeichnete die von ihm untersuchten westnorwegischen »weißen Granite« als Granodiorite, indem er zeigen konnte, daß unter den Granodioriten Nordamerikas ähnliche Gesteine vorkommen.

Ich kann ihm völlig darin beistimmen, daß der Name Granodiorit für diese Gesteine weit geeigneter ist als der Name Granit, jedoch möchte ich glauben, daß auch diese Bezeichnung der Eigenart der Gesteinsgruppe noch nicht ganz gerecht wird. Unter den amerikanischen Granodioriten ist es nur eine geringe Minderzahl, welche den norwegischen »weißen Graniten« nahesteht. Auch KOLDERUP sah dies, und möchte dem Namen Granodiorit daher eine etwas engere Fassung geben als die amerikanischen Petrographen, indem er nur solche Typen als Granodiorit bezeichnen möchte, die über 66 % SiO_2 enthalten (l. c. S. 24). Von anderer Seite⁵ ist vorgeschlagen worden, einen der westnorwegischen »weißen Granite« lieber bei den Quarzdioriten als bei den Granodioriten einzureihen, ein Ausweg, der mir nicht glücklich gewählt erscheint, denn von den gewöhnlichen Quarzdioriten sind sie alle sehr verschieden.

Ich möchte glauben, daß der petrographischen Systematik am besten damit gedient ist, nicht allzu heterogene Gesteine in eine Abteilung des Systems hineinzwängen zu wollen. Gut abgrenzbare scharfe Gruppen sind besser als nichtssagende Sammelabteilungen. Bei der petrographischen Untersuchung sehr zahlreicher Vorkommen von »weißen Graniten« des südlichen Norwegens bin ich zu der Überzeugung gekommen, daß dieselben in petrographischer Beziehung eine wohl definierbare Sonderstellung einnehmen, welche die Aufstellung eines neuen Namens rechtfertigen kann.

¹ Om Trondhjems Stifts Geologi, Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 18, 1871, S. 1, siehe S. 50—51.
Om Trondhjems Stifts Geologi, Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 21, 1876, S. 1, siehe S. 92.
Udsigt over det sydlige Norges Geologi, Kristiania, 1879, S. 185

² Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7, S. 27.

³ Rennebu, Norges geol. Unders. Skr. 56, 1910, S. 30.

⁴ Sogneskollens og Bremangerlandets Granodioriter, Bergens Mus. Aarb. 1911, No. 18.

⁵ A. JOHANNSEN, Journal of Geology, Bd. 22, 1914, S. 285.

Von den Quarzdioriten unterscheiden sie sich durch ihre Armut an dunklen Mineralen, denselben Unterschied zeigen sie gegenüber den meisten Granodioriten. Von den Adamelliten unterscheiden sie sich durch den weit höheren Wert des Quotienten $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$, denselben Unterschied zeigen sie auch gegenüber den Tonaliten, von welchen sie sich außerdem durch den meist geringeren Kalkgehalt unterscheiden.

Wie KOLDERUP ganz treffend bemerkt, können die »weißen Granite« gewissermaßen als ein saures extrapolierbares Endglied der natronreichsten Gesteine der gewöhnlichen Granodioritreihe aufgefaßt werden.

Ich möchte für diese Gesteinsgruppe den Namen *Trondhjemit* vorschlagen, nach dem Trondhjem-Gebiet, wo diese Gesteine in ausgezeichneter Frische an fast unzähligen Lokalitäten vorkommen.

Ich definiere die Trondhjemite als leukokrate saure Tiefengesteine, deren wesentlichste helle Bestandteile ein natronreicher Plagioklas (der Oligoklas- oder Andesin-Reihe) und Quarz sind, während Kalifeldspat entweder fast ganz fehlt oder doch eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Unter den meist spärlichen, oft sehr spärlichen, dunklen Mineralen ist Biotit das wichtigste, zum kleineren Teil manchmal ersetzt durch Amphibol (selten), oder noch seltener durch einen diopsidischen Pyroxen.

Ein sehr häufiger Gemengteil in vielen Trondhjemiten ist ein heller Muskovit, der jedoch erst in der pneumatolytisch-hydrothermalen Periode der Gesteinsverfestigung entstand.

Daneben und als accessorische Gemengteile finden sich Apatit, Titanit, Orthit und Zirkon, letzterer oft ganz reichlich; opake Erze fehlen den meisten Trondhjemiten. Ein hellroter Granat findet sich besonders in pegmatitischen Facies, in welchen auch blauschwarzer Turmalin nicht selten ist.

Das Strukturbild wird von den Plagioklasen beherrscht, die mehr oder weniger deutliche Krystallbegrenzung erkennen lassen, während die übrigen Minerale im wesentlichen die Zwickeln zwischen den sehr dicken Plagioklas-tafeln ausfüllen. Fast immer zeigt der Plagioklas zonaren Bau, im einfachsten Falle mit einem kalkreicheren Kern (20—32,5 % An., allermeistens 24—29 % An.) und kalkärmerer Hülle (etwa 16 % An.). In einer sehr großen Anzahl der Trondhjemite ist der Zonenbau nicht so einfach, sondern zeigt um den Kern herum eine Anzahl dünner Schichten, die in wiederholter Recurrenz eine breite Randzone aufbauen, worauf endlich eine Hülle folgt, welche natronreicher ist als die natronreichste der recurrierenden Lagen. Es ist merkwürdig, daß dieser Typus des Zonenbaus an den meisten Trondhjemitvorkommen durch das ganze Gebirge hin fast stets wiederkommt. Falls man annimmt, daß die Recurrenzen im Zonenbau ihre Ursache in Unterkühlungsvorgängen haben, so muß man voraussetzen, daß

entweder die geologischen Bedingungen bei der Erstarrung der Trondhjemite der Unterkühlung sehr günstig waren, oder aber, daß die Empfindlichkeit des Trondhjemitmagmas gegen Beeinflussung der Ausscheidungen durch Unterkühlung eine besonders hohe gewesen ist, verglichen mit den Magmen der andern Gesteine im kaledonischen Gebirge.

Als Beispiele für solchen Zonenbau der Plagioklase seien folgende Beobachtungen angeführt:

17→23→17→23→17→23→18→11 % An.	Singsaas-Gegend.
22→25,5→22→17	Nördlich Dombaas.
23→17→23→17	Murudalen, Sell.
23→19→23→20,5→16	Dragaasen bei Reitstøen.
27→32→27→32→27→19	Südlich Hjelle, Aardal.
30,5→25→17→25→17→13	Storhø, Opdal.

Die Plagioklase der Trondhjemite zeigen in der Regel Zwillingsstreifung sowohl nach Albit- wie Periklingesetz. In manchen Gesteinsvarietäten, besonders in halbporphyrischen, ist Periklinstreifung häufiger als Albitstreifung.

Der Kalifeldspat der Trondhjemitgesteine ist primär ein Mikroperthit, der jedoch leicht von Mikroklin ersetzt wird. In manchen Gesteinen dieser Gruppe beobachtet man einen Ersatz des Kalifeldspats durch »Schachbrettalbit«.

Myrmekitische Verwachsungen von Plagioklas und Quarz an der Grenze gegen Kalifeldspat sind in den Trondhjemiten sehr verbreitet. Eine vortreffliche Abbildung eines Myrmekits findet sich in einer Arbeit von J. OXAAL¹ über die »weißen Granite« von Indre Sogn. In manchen Ganggesteinen kann man beobachten, wie Kalifeldspat von allen Seiten durch Myrmekit angegriffen und zum Schluß fast gänzlich verzehrt wird, unter Entstehung eines pseudogranophyrischen Gebildes aus zentripetal vorgeschobenen Myrmekiten.

In den allermeisten Trondhjemiten bildet Kalifeldspat nur kleine Körner in den Ecken zwischen den Plagioklasen, ja mitunter fehlt er anscheinend ganz. Wird die Menge des Kalifeldspats etwas größer, so bildet er zusammenhängende Mäntel von Mikroperthit um die großen Plagioklaskrystalle (Anti-Rapakivi). Bei noch etwas größerem Gehalt an Kalifeldspat (der sehr selten ist) beobachtet man als eine Art jüngster Grundmasse neben Quarz große poikilitisch durchlöchernte Individuen von Kalifeldspat, die voll von idiomorphen, nicht orientierten Krystallen von Oligoklas sind, derart, daß die Menge der Einschlüsse größer ist als diejenige des Wirtes.

¹ Den hvite Granit i Sogn, Norges geol. Unders. Aarb. 1913, No. 1, siehe S. 7, Taf. III, 2.

Schon die mikroskopische Untersuchung ergab, daß die Trondhjemite sehr arm an Kali sein müssen.

Dies wurde auch bestätigt durch die Analyse eines ganz typischen Trondhjemits, welche auf meine Veranlassung von Herrn Chemiker OLAF RÖER, Norsk kemisk Bureau, ausgeführt wurde. Es ist dies der Trondhjemit aus dem Steinbruch der Eisenbahn, Dragaasen, zwischen den Stationen Langletet und Reitstøen im Tale der Gula. Das Gestein ist absolut frisch, es enthält außer Plagioklas, Quarz und Spuren von Kalifeldspat als dunkles Mineral Biotit, samt ein wenig Amphibol und diopsidischen Pyroxen; ein wenig Titanit und Spuren von Apatit kommen vor.

Trondhjemit, Dragaasen
bei Reitstøen, Guldalen.

SiO ₂	69,30
TiO ₂	0,23
Al ₂ O ₃	16,81
Fe ₂ O ₃	0,28
FeO	1,26
MnO	Spur
MgO	1,08
CaO	3,34
Na ₂ O	6,00
K ₂ O	1,39
P ₂ O ₅	0,03
CO ₂	0,15
H ₂ O + 105°	0,50
	<hr/> 100,37

$$\text{Dichte } \frac{20^0}{4^0} = 2,675, \text{ bestimmt von Herrn E. BERNER.}$$

Ein merkwürdiger Strukturtypus, der bei den an Kalifeldspat reichsten Trondhjemiten beobachtet wurde, ist charakterisiert durch eine Feldspat-verwachsung, welche das Gegenstück zu den Rapakivifeldspaten darstellt, indem nämlich ein saurer Plagioklas den Kern bildet, ein Kalifeldspat den Rand.

Das schönste Beispiel für diesen Strukturtypus, das mir bekannt ist, bildet ein Trondhjemit, der als eine mächtige Intrusion in den metamorphen Sedimenten nördlich des Hofes Austberg steckt. Das Gestein bildet einen Ausläufer der Eruptivmasse von Opdal-Inset. Es ist vortrefflich abgeschlossen, da einige kleine Steinbrüche darin angelegt wurden, um einen Teil des Materials für die Bahnbrücke über die Orkla zu liefern. Die

nördlichste Lokalität wird Skavlien genannt, sie liegt nordöstlich vom Toset-Steinbruch (siehe Tafel VI).

Der Trondhjemit von Skavlien ist ein sehr grobkörniges Gestein, mit manchmal schwach porphyrischer Granitstruktur. Die großen Feldspate sind etwa 2 cm. breit, sie geben dem Gesteine eine sehr angenehme Farbe durch den Gegensatz ihres schneeweißen Oligoklaskernes gegen den hell rosenroten Mantel von Kalifeldspat. Der Quarz ist von hellgrauer Farbe. Das Gestein zeigt Andeutungen miarolithischer Hohlräume (die vielleicht nicht primär sind, sondern erst bei hydrothormaler Zersetzung der dunklen Minerale entstanden sind. In den Zwickeln zwischen den Feldspaten finden wir außer Quarz noch Epidot und Muskovit, sowie unfrischen Biotit.

Die Plagioklase sind saussuritisiert und voll von kleinen scharfen Klinozoisiten und Muskoviten. Der Mantel um die Plagioklase besteht primär aus Mikroperthit, der zum großen Teil zu Mikroklin umgewandelt ist.

Die Zusammensetzung des Gesteins geht aus folgender Analyse hervor, ausgeführt von Herrn Chemiker O. RÖER, Norsk kemisk Bureau, Kristiania:

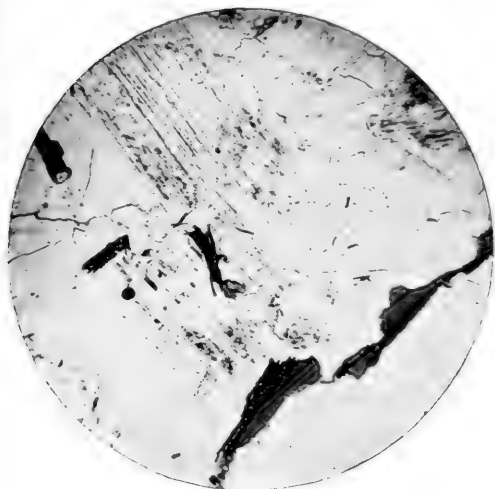
Trondhjemit mit Anti-Rapakivi-Feldspat,
Skavlien bei Austberg, Opdal-Inset-Gegend.

SiO ₂	72,11
TiO ₂	0,17
Al ₂ O ₃	15,25
Fe ₂ O ₃	0,64
FeO	0,84
MnO	0,02
MgO	0,38
CaO	1,98
BaO	0,03
Na ₂ O	5,43
K ₂ O	2,04
P ₂ O ₅	0,06
CO ₂	0,22
S	0,06
H ₂ O — 105°	0,03
H ₂ O + 105°	0,66
	99,92

Dichte $\frac{20^0}{4^0} = 2,676$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Auch in mehreren andern, ebenfalls relativ kalireichen Trondhjemiten habe ich Anti-Rapakivi-Feldspate beobachtet, doch selten so schön und regelmäßig entwickelt wie im Gestein von Skavlien.

Opdalit-Trondhjemit-Gesteine II.



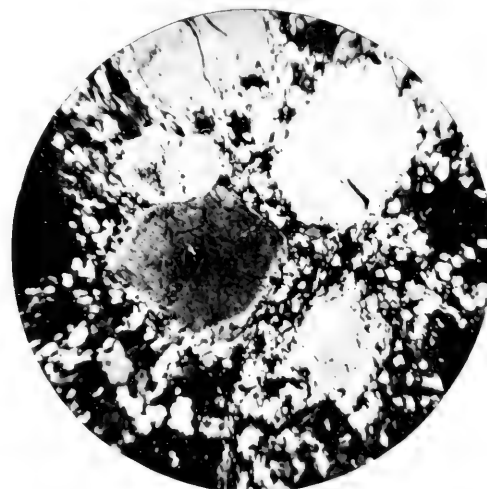
Trondhjemit, zwischen Langletet und Reitstøen, Guldalen. Vergr. 16.



Dasselbe Gestein wie Fig. 1, aber Nicols +. Etwas verschoben gegen Fig. 1.



Zonargebauer Plagioklas in Trondhjemit, Dombaas. Nicols +. Vergr. 16.



Porphyritischer Trondhjemit, Sandfjeld, Inset. Nicols +. Vergr. 16.



Trondhjemit-Porphyrit mit großem Einsprengling von Plagioklas, Gang, Graahø, Inset. Nicols +. Vergr. 16.



Trondhjemit-Aplit, Bukhammersfjeld, Holtaalen. Nicols +. Vergr. 16.

Es sei hier übrigens daran erinnert, daß die Anti-Rapakivi-Feldspate auch in einem andern Gesteine desselben Stammes vorkommen, nämlich im Opdalit (vergl. S. 71).

Ebenfalls eine gewisse Sonderstellung in struktureller Beziehung nehmen die feinkörnigen, gewissermaßen an Aplit erinnernden Trondhjemite ein, welche sich unter anderm im Gebiete von Kvikne in größeren Massen finden, wie die Einsammlungen von C. O. B. DAMM zeigen. Die öfters hellrötliche Farbe dieser Gesteine ließ die Möglichkeit vermuten, daß hier vielleicht ein höherer Kaliegehalt als sonst vorhanden ist.

Herr Bergmeister C. O. B. DAMM hatte auf meine Anfrage die große Liebenswürdigkeit, mir eine Analyse dieses Gesteinstypus zu übersenden, die er vor mehreren Jahren ausgeführt hat, als es seine Absicht war, das reiche von ihm gesammelte Material aus dem Gebiete des Kartenblatts Kvikne petrographisch zu bearbeiten. Für dieses Entgegenkommen spreche ich ihm meinen besten Dank aus.

C. O. B. DAMMS Analyse dieses Trondhjemit-Typus ergab:

Trondhjemit, feinkörnig,
östlich des Hofes
Frenstad, Kvikne,
90 m. über demselben.

SiO ₂	71,95
TiO ₂	0,08
Al ₂ O ₃	15,76
Fe ₂ O ₃	0,76
FeO	0,03
MgO	0,31
CaO	1,65
Na ₂ O	6,63
K ₂ O	2,22
H ₂ O	0,42
	99,81

Dichte $\frac{20^0}{4^0} = 2,642$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Die im vorigen beschriebenen drei Trondhjemittypen stehn einander somit recht nahe in chemischer Beziehung. Die Variationen sind geringfügig, mit Ausnahme des Kalkgehalts, der im Gesteine von Dragaasen nicht

unbedeutend höher ist als in den beiden andern Strukturtypen. Nach meinen Erfahrungen bei der mikroskopischen Untersuchung zahlreichster Trondhjemitvorkommen dürfte das Gestein von Dragaasen den häufigsten und wichtigsten Trondhjemittypus darstellen.

Bemerkenswert ist das starke Zurücktreten von Kali hinter Natron in allen drei Trondhjemit-Analysen aus dem Trondhjem-Gebiet.

Eine Frage, welche mir besonders wichtig erschien, war diejenige, ob die zahlreichen Trondhjemite im Trondhjem-Gebiete von einem ungewöhnlich natronreichen, kaliarmen Stammagma abgeleitet werden müssen, oder von einem mehr »normalen« Stammagma, von welchem anderseits auch Kaligesteine in entsprechender Menge abgespalten wurden. Wäre letzteres der Fall, so müßte man erwarten, im Trondhjem-Gebiete auch große Massen kalireicher Eruptive zu finden. Der Opdalit käme hierfür nicht in Betracht, da einerseits auch in diesem Gesteine Natron und Kali gewichtsprozentisch gleich stark vertreten sind, anderseits die sichtbare Menge der Opdalite keineswegs zu einer Kompensation des Natronüberschusses in den Trondhjemiten ausreichen würde, selbst wenn sie etwas mehr Kali enthielten als Natron.

Es galt daher zu untersuchen, ob nicht größere Massen von Kali-Graniten in geologischem Verbande mit Trondhjemiten auftreten. Für den hier behandelten Teil des Trondhjem-Gebiets muß diese Frage verneint werden, dagegen findet im südwestlichen Norwegen geologischer Verband zwischen Trondhjemiten und normalen Graniten statt. Ich habe dieselbe Frage auch in einem besondern Kapitel behandelt (siehe weiter unten).

Ferner könnte man sich die Möglichkeit denken, daß der Kaligehalt der ursprünglichen Magmen seinen Weg ins Nebengestein genommen hätte, statt sich an der Mineralbildung der Eruptivgesteine selbst zu beteiligen. In diesem Falle sollte man in der Umgebung der Trondhjemite eine Imprägnation der metamorphen Gesteine mit kalireichen Mineralen finden. Ich habe diese Frage sehr eingehend untersucht, mit dem Resultat, daß irgendwelche Kalizufuhr zu den krystallinen Schiefern und Kontaktgesteinen des Trondhjem-Gebiets nicht stattgefunden hat. Zahlreiche Analysen hochmetamorpher Glimmerschiefer aus der unmittelbaren Umgebung der Trondhjemite zeigen denselben Kaligehalt wie schwach metamorphe Gesteine, welche weit von der Grenze entfernt sind. Ich werde diese Analysen in meiner Monographie über die kaledonische Regionalmetamorphose veröffentlichen. Dasselbe gilt für die Kalksilikatgneise und Kalksilikatglimmerschiefer des Trondhjem-Gebiets, deren Beschreibung ich vor kurzem ver-

öffentlich habe¹. Irgendwelche Kalizufuhr von seiten der Eruptivgesteine ließ sich nicht nachweisen, geschweige denn eine so bedeutende Zufuhr, daß sie den Kalimangel der Trondhjemite decken könnte.

Ich untersuchte auch die Frage, wie hoch eigentlich der Kaligehalt der Trondhjemite im Trondhjem-Gebiete steigen kann.

Der an Kalifeldspat reichste Trondhjemit, den ich unter den größeren Massen von Tiefengesteinen im Trondhjem-Gebiete bis jetzt finden konnte, ist das Gestein von Storhø, im südwestlichen Teile der Eruptivmasse von Opdal-Inset (vergl. Tafel VI). Der relativ hohe Gehalt an Kalifeldspat zeigte sich sowohl in sämtlichen von mir 1914 gesammelten Handstücken, wie an Material, welches C. O. B. DAMM 1896 gesammelt hatte. Den höchsten Gehalt an Kalifeldspat zeigte eins von DAMMS Handstücken (Gipfel von Storhø). Das Gestein besaß die auf S. 79 unten beschriebene Struktur. Große Kalifeldspate (mit Albitstreifen mikroperthitisch verwachsen) bilden einen poikilitisch durchlöcherten Untergrund zusammen mit Quarz; dieser Untergrund enthält zahlreiche idiomorphe Oligoklase mit schönem Zonenbau (vergl. S. 78), krystallographische Orientierung zwischen Oligoklas und Kalifeldspat findet nicht statt.

Eine Alkalibestimmung an diesem Handstück, ausgeführt von Herrn Chemiker O. RÖER, ergab:

Na ₂ O	5,49 %
K ₂ O	2,75 %

$$\text{Dichte } \frac{20^0}{4^0} = 2,665, \text{ bestimmt von Herrn E. BERNER.}$$

Auch in diesem Gesteine, welches doch unter den Trondhjemiten des Gebiets noch am meisten Kalifeldspat enthält, ist somit Natron weit über Kali überwiegend. Wir können somit feststellen, daß nur ganz ausnahmsweise die Kalimenge der Trondhjemite soviel wie die Hälfte der Natronmenge beträgt (gewichtsprozentisch).

Die westnorwegischen Trondhjemite sind uns durch die Untersuchungen KOLDERUPS auch in chemischer Beziehung wohlbekannt. Ich gebe im folgenden eine Übersicht der vorliegenden Analysen nach KOLDERUPS Publi-

¹ Geol.-petrogr. Studien III, Die Kalksilikatgneise und Kalksilikatglimmerschiefer des Trondhjem-Gebiets, Vid.-Selsk. Skr. I. M.-N. Kl. 1915. No. 10.

kationen mit Beifügung einer Analyse eines Trondhjemits von Mosterö, Stavanger-Gebiet (aus meinen noch nicht veröffentlichten Untersuchungen über das Stavanger-Gebiet).

Sämtliche hier zusammengestellten Analysen beziehn sich auf die westnorwegischen Tiefengesteine, respektive auf Gangmassen mit Tiefengesteinshabitus. Ich habe sämtliche Analysen, wie auch KOLDERUP es für einen Teil dieser Gesteine getan hat, nach steigendem Kieselsäuregehalt geordnet.

- I. Skougsnöien, Lindaas, P. SCHEI bei KOLDERUP¹ (Gang).
- II. Bremangerland, LANDMARK bei KOLDERUP².
- III. Mastravarde, Mosterö, Stavanger-Gebiet, O. RÖER³, gneisartig struiert.
- IV. Sogneskollen, LANDMARK bei KOLDERUP⁴.
- V. Svanöen, Söndfjord, LANDMARK bei KOLDERUP⁵ (große Gangmasse).
- VI. Westlich Trengereid, Bergen-Gebiet, SOLLIED bei KOLDERUP⁶ (Gang).
- VII. Lærdalsören, Indre Sogn, TH. MÜNSTER bei J. REKSTAD⁷.
- VIII. Utsire, SOLLIED bei KOLDERUP und OTTESEN⁸.

Die Analysen zeigen eine nahe Übereinstimmung zwischen den Trondhjemiten des westlichen Norwegens und denen des Trondhjem-Gebiets. Stets ist der Kaligehalt geringer als die Hälfte des Natrongehalts (gewichtszusammensetzung).

¹ Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12, S. 118. Vergl. auch oben S. 48.

² Bergens Mus. Aarb. 1911, No. 18, S. 13.

³ Ausgeführt von Herrn Chemiker O. RÖER für meine Untersuchungen über das Stavanger-Gebiet, noch nicht veröffentlicht. Dichte, bestimmt von Herrn E. BERNER, = 2,711.

⁴ Bergens Mus. Aarb. 1911, No. 18, S. 7.

⁵ Bergens Mus. Aarb. 1911, No. 18, S. 10.

⁶ Bergens Mus. Aarb. 1914/15, No. 8, S. 47.

⁷ Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7, S. 27.

⁸ Bergens Mus. Aarb. 1911, No. 17, S. 14.

Westnorwegische Trondhjemite.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
SiO ₂	65,06 ¹	70,23	70,30	71,66	72,13	72,72	74,80	76,94
TiO ₂	0,83	0	0,35	Spur	0	0,20		0,10
Al ₂ O ₃	19,41	15,47	15,36	15,29	14,95	15,45	13,74	12,60
Fe ₂ O ₃	1,80	1,96	0,56	1,81	1,10	2,89	1,92	0,68
FeO	1,06	1,07	2,37	0,51	0,90	0,40		1,14
MnO		Spur	0,04	Spur	Spur	Spur		Spur
MgO	0,47	0,84	1,03	0,09	0,18	0,08	Spur	0,23
CaO	2,94	3,03	3,52	1,71	1,97	2,50	1,06	3,50
BaO	0,16		Spur					
Na ₂ O	6,30	4,84	4,30	5,75	5,99	4,85	n. best.	4,23
K ₂ O	1,69	1,87	1,45	2,61	2,50	0,57	n. best.	0,25
P ₂ O ₅			0,12	0	Spur			Spur
CO ₂			0,13					
S		0,19	0,03	0,24	Spur			
H ₂ O — 105°	} 0,57	} 0,50	0,05	} 0,33	} 0,28	} 0,14	} 0,24	} 0,36
H ₂ O + 105°			0,79					
	100,29	100,00	100,40	100,00	100,00	99,80		100,03

Die ältesten sauren Gesteine der Trondhjemit-Gruppe.

Einige saure Tiefengesteine, welche dem Trondhjemit recht nahe stehn, aber sich doch von diesem in Mineralbestand und Struktur unterscheiden lassen, sollen in diesem Abschnitt kurz besprochen werden.

Es sind saure Gesteine, die sowohl in ihrem Mineralbestande wie in ihrer Struktur eine sehr deutliche Beanspruchung durch gebirgsbildende Vorgänge zeigen, im Gegensatz zu den eigentlichen Trondhjemiten des kaledonischen Gebirges, welche solche Erscheinungen nur in geringerem Maße aufweisen. Ich möchte daher glauben, daß die hier zusammengestellten Gesteine etwas früher intrudiert und erstarrt sind als die eigentlichen Trondhjemite.

Hierher gehört zunächst jener Gesteinstypus, welchen TH. KJERULF als »Protogingranit« des Trondhjem-Gebiets bezeichnet hat, ein Gestein, das innerhalb unserer Karte durch die große Tiefengesteinsmasse westlich der Stadt Trondhjem vertreten wird.

¹ Es erscheint allerdings sehr fraglich, ob man den Namen Trondhjemit bis zu so niedrigen Gehalten an Kieselsäure ausdehnen sollte.

Auch der »Protogingranit« des Trondhjem-Gebiets ist im wesentlichen ein Plagioklas-Quarz-Gestein. Seine Bestandteile sind: Plagioklas (ursprünglich Oligoklas mit Andesinkern, jetzt fast immer saussuritisiert), Quarz, Kalifeldspat als Mantel um die Plagioklase, also Anti-Rapakivi (jetzt fast immer zu Schachbrettalbit umgewandelt), Biotit (oft chloritisiert), samt in vielen Fällen grüner Amphibol¹ und roter Granat, ferner Erze und etwas Apatit. Die Vorkommen von »Protogingranit« zeigen, besonders randlich, oft starke Pressung, mit Ausbildung typischer Verschiebungszonen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die gneisartigen Trondhjemite des Bergen-Gebiets derselben Unterabteilung angehören wie die »Protogingranite« des Trondhjemit-Gebiets (man vergleiche einen folgenden Abschnitt über die Verbreitung der Trondhjemit-Gesteine im südlichen Norwegen). Möglicherweise wären auch noch andere trondhjemitische Gesteine des südwestlichen Norwegens hierher zu stellen.

Ferner möchte ich mit den ältesten trondhjemitartigen Gesteinen auch einen Teil der »Granulite« im Trondhjem Gebiete zusammenfassen, darunter ihren typischsten Vertreter, den Granulit von Foldalen, der sich als langer dünner Streifen östlich der Mitte des Trondhjem-Gebiets entlangzieht. Die Granulite des Trondhjem-Gebiets sind zuckerkörnige, oft stark geschieferte weiße Gesteine, bestehend aus saurem Plagioklas und Quarz, mit großen Porphyroblasten von dunklem, blaugrünem Amphibol und rotem Granat. Die Verwandtschaft dieser Granulite mit den Trondhjemiten (»weißen Graniten«) wird von allen den Geologen angenommen, welche sich mit diesen Gesteinen beschäftigt haben.

Einen ausgezeichneten Vertreter der Granulite kann man einige Kilometer westlich der Stadt Trondhjem studieren, wo er als große Gangmasse an der Westseite (Unterseite) des »Protogingranits« auftritt (bei Klemetsaunet). Der Granulit von Klemetsaunet ist wohl ein Gangbegleiter des »Protogingranits«.

Typische Trondhjemit-Granulite finden sich übrigens auch als Gangbegleiter normaler, jüngerer Trondhjemite, so am Westrande des Trondhjem-Gebiets westlich von Meldalen, wo sie als zahlreiche Lagergänge an der Unterseite einer großen intrusiven Trondhjemitmasse auftreten (Gravorfjeld). Offenbar begünstigten die physikalischen Bedingungen *unterhalb* der großen Intrusivplatte die Herausbildung granulitischer Gesteinstypen.

Isolierte kleinere Gangmassen von Trondhjemit-Granulit finden sich an der Dovrebahn im Tale der Driva, ferner in der Gegend östlich und

¹ Die viel größere Häufigkeit und Bedeutung von Amphibol, verglichen mit den eigentlichen Trondhjemiten, würde es möglicherweise zweckmäßiger erscheinen lassen, diese »Protogingranite« dem Quarzdiorit zuzuzählen.

nordöstlich von Dombaas, wo sie bereits von K. O. BJÖRLYKKE beobachtet wurden.

Auch aus der Gegend von Hedalen liegen mir trondhjemitähnliche Granulitgesteine vor.

Vergl. übrigens auch den Abschnitt über Trondhjemit-Aplite.

Gangefolge der Trondhjemite.

In oft naher geologischer Verbindung mit den Tiefengesteinsmassen der Trondhjemite treffen wir im kaledonischen Gebirge des südlichen Norwegens eine Reihe von Ganggesteinen.

Die ganz überwiegende Mehrzahl der hierhergehörigen Gesteine gehört zu sauren leukokraten Typen, welche den Trondhjemiten selbst nahestehn. Basische Gangbegleiter der Trondhjemite (und des Opdalit-Trondhjemit-Stammes überhaupt) sind viel seltener und erst wenig erforscht.

Basische Ganggesteine.

C. BUGGE berichtet von »gemischten Gängen« im Gebiete des Kartenblattes Rennebu, deren Gangmitte aus Trondhjemit-Porphyrith besteht, während das Gestein der Ganggrenzen eine basische Uralit-Saussurit-Masse ist.

Saure Ganggesteine.

Saure Ganggesteine aus dem Trondhjemit-Gefolge kennt man von zahlreichen Orten im südlichen Norwegen. Diese Gesteine können in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- a. Trondhjemit-Porphyrith.
- b. Trondhjemit-Aplite.
- c. Trondhjemit-Pegmatite.

a. Trondhjemit-Porphyrith.

Bereits bei der Beschreibung der trondhjemitischen Tiefengesteine wurde vermerkt, daß der Plagioklas in den allermeisten dieser Gesteine deutliche Krystallbegrenzung aufweist. Stellt sich neben den großen idiomorphen Plagioklasen noch eine zweite Generation dieses Minerals ein, so gelangen wir zu porphyritischen Trondhjemitgesteinen.

Solche Trondhjemit-Porphyrith finden sich gar nicht selten als Randfacies der größeren Intrusionen, ja auch als selbständige größere Intrusivmassen. In solchen Fällen pflegt die Menge der Grundmasse gering zu sein, verglichen mit den Plagioklasen erster Generation, makroskopisch

erinnern die Gesteine daher an die gewöhnlichen Trondhjemite. Die Plagioklasse erster Generation zeigen den gewöhnlichen Zonenbau, nur pflegt die saure Randzone schmaler zu sein als in dem entsprechenden Tiefengestein, dafür besitzen die Plagioklasse der Grundmasse dieselbe Zusammensetzung wie die schmale äußere Randzone. Ein Gestein dieser Art ist auf Taf. V, Fig. 4 abgebildet. Auch Quarz findet sich hier in zwei Generationen.

Trondhjemit-Porphyrite finden sich nicht nur als Grenzfacies und selbständige größere Intrusionen, sondern noch weit häufiger in Form kleinerer und größerer Gänge. Sie sind fast allverbreitet im Trondhjem-Gebiete, besonders in der Nachbarschaft größerer Tiefengesteinsmassen des Opdalit-Trondhjemit-Stammes. Es sind sehr hell gefärbte weiße (man könnte sagen kreidig weiße) Gesteine mit makroskopisch dichter oder doch feinkörniger Grundmasse, in welcher man scharfe Krystalle von Plagioklas, oft auch solche von Quarz erblickt. Nur selten enthalten diese Gesteine soviel Biotit, daß er der Färbung des Gesteins einen hell graubraunen Ton verleiht.

Die porphyrischen Plagioklasse zeigen, ebenso wie die Plagioklasse der entsprechenden Tiefengesteine, einen prachtvollen Zonenbau. Recht bemerkenswert ist es, daß als porphyrische Einsprenglinge oft etwas kalkreichere Plagioklasse auftreten (Kern bis 40 oder 43 % An.) als in den Tiefengesteinen; es deutet dieses darauf, daß die kalkreicheren Erstausscheidungen von Plagioklas, welche in den Porphyriten mit schnell erstarrter Grundmasse noch erhalten sind, in den langsam gekühlten Tiefengesteinen zum Teil mit dem kalkärmeren Magmenrest in Umsetzung getreten sind und einen Teil ihres Anorthitgehalts unter den veränderten Gleichgewichtsbedingungen abgaben, eine Abgabe, wozu in den Porphyriten keine Zeit war.

Sehr oft sind die Plagioklasseinsprenglinge in den Trondhjemit-Porphyriten unfrisch und zeigen Umwandlung in Karbonate oder, offenbar durch hydrothermale Prozesse, in hellen Glimmer, dieser ist oft von Quarzfäden myrmekitartig durchwachsen. Quarz als Einsprengling bildet die üblichen Dihexaeder, oft mit Resorptionseinbuchtungen. Die Grundmasse ist mikrogranitisch, öfters ist sie sehr dicht. Als Randfacies der Trondhjemit-Porphyrite findet man mitunter Gesteine mit ursprünglich glasiger (jetzt entglaster) Grundmasse, so in einem Gange unmittelbar nördlich des Hofes Austberg, welcher die metamorphen Sandsteine an der Landstraße und dem benachbarten Bahneinschnitt durchsetzt. Dieser »Quarzporphyr« wird bereits von K. M. HAUAN 1865 erwähnt¹.

¹ Tagebuch, Archiv von Norges geologiske Undersökelse.

Kalifeldspat findet sich nur in der Grundmasse der Trondhjemit-Porphyre, kann aber oft auch ganz fehlen.

Trondhjemit-Porphyre sind auch in den südlichsten Ausläufern des Trondhem-Gebiets (Gegend um Otta, Hedalen) gar nicht selten.

Auch im westlichsten Norwegen kommen sie vor. C. F. KOLDERUP¹ beschreibt ein solches Ganggestein vom Kuftefjeld, südlich Trengereid, östlich von Bergen.

b. Trondhjemit-Aplit.

Aplitische Gesteine der Trondhjemit-Gruppe sind im südlichen Norwegen sehr verbreitet. Mitunter findet man sie als Grenzfacies der großen Trondhjemit-Massen, so zum Beispiel an der Südostgrenze des Trondjemits von Dombaas. Weit häufiger treten sie in Gangform auf, und zwar zählen diese Vorkommen nicht nach Hunderten, sondern nach Tausenden. Man findet die Gänge von Trondhjemit-Aplit teils in der näheren und fernen Umgebung der Tiefengesteinsmassen, teils in diesen selbst, wo sie als letzte Nachschübe auftreten.

Es sind schneeweiße zuckerkörnige bis makroskopisch dichte (porzellan-ähnliche) Gesteine, deren Hauptbestandteile Plagioklas und Quarz sind, untergeordnet Kalifeldspat und etwas Biotit. Die Mikrostruktur ist die typische aplitisch körnige. Gar nicht selten beobachtet man jedoch in einer aplitischen Grundmasse einige wenige einsprenglingsartige Plagioklase, welche sich durch ihre etwas größeren Dimensionen und ihre idiomorphe Begrenzung von den andern Feldspaten unterscheiden. Ein Unterschied zeigt sich auch im Anorthitgehalt, welcher in den Einsprenglingen etwas höher ist als in den Grundmasseplagioklasen. Erstere zeigen gern um ca. 20 % An., letztere gern 12—15 % An. Ein häufiger Gemengteil der Aplitite ist ein heller Muskovit, der jedoch zum Teil sicher sekundär ist. Auch Umwandlungserscheinungen unter Saussuritisierung der Plagioklase kommen manchmal vor.

Als Vorkommen aplitischer (und porphyritischer) Trondhjemit-Gesteine seien nur einige wenige erwähnt, welche durch ihre Lage besonders bequem zugänglich sind. Im Tale der Gula zwischen den Bahnstationen Stören und Singsaas sind Gänge von schneeweißem zuckerkörnigem Trondhjemit-Aplit äußerst häufig. Interessant ist ein Vorkommen an der Nordostseite des Tals, gleich südöstlich der Eisenbahnbrücke bei Stören, wo Trondhjemit-Aplitite im Gula-Schiefer auf das stärkste gefaltet und sogar

¹ Bergens Mus. Aarb. 1914/15, No. 8, S. 33—36.

verschiefert sind (diese Lokalität wird bereits von H. REUSCH¹ erwähnt). Ferner ein Vorkommen ungefähr gegenüber der Bahnstation Kotsöien, wo die weißen Aplite, welche durch einen Wegebau gut aufgeschlossen sind, haarscharf an die dunklen metamorphen Schiefer grenzen. In großer Menge finden sich Trondhjemit-Aplite, zusammen mit Trondhjemit-Porphyriten, in der Umgebung der Tiefengesteinsmasse von Opdal-Inset und auch als Gänge in den Tiefengesteinen selbst. An der neuen Bahnlinie nördlich Austberg sind viele schöne Aufschlüsse solcher Gänge sichtbar. Wo diese im harten metamorphen Sandstein auftreten, sind sie ungeprefßt², wo sie weiter nördlich in weicheren Schiefeln vorkommen, sind sie mit diesen gefaltet und verschiefert worden.

In den basischen und intermediären Tiefengesteinen des Gebiets finden sich zahlreiche Trondhjemit-Aplite, deren Breite von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern variiert. Eine große Gangmasse solcher Art findet sich unmittelbar nordöstlich der Bahnbrücke über die Orkla, wo der Aplit in einem kleinen Steinbruche gewonnen wurde.

Um die Zusammensetzung der weißen Trondhjemit-Aplite kennen zu lernen, ließ ich einen feinkörnigen weißen Aplit von Herrn Chemiker OLAF RÖER analysieren. Das untersuchte Stück stammt von einem Gange im »Diorit« (vergl. S. 68) an der Gisna, Bahneinschnitt zwischen Gissenaas und Stuthaug.

Das Gestein zeigt schwache, wohl hydrothermale Umwandlung unter Neubildung von Muskovit und beginnender Saussuritisierung der Plagioklase.

Trondhjemit-Aplit, Gang, Bahneinschnitt an der
Gisna, gegenüber Gissenaas, Opdal-Inset-Masse.

SiO ₂	75,35
TiO ₂	Spur
Al ₂ O ₃	13,97
Fe ₂ O ₃	0,15
FeO	0,56
MnO	Spur
MgO	0,11
CaO	1,87
BaO	0,01
Na ₂ O	6,00
K ₂ O	1,28
P ₂ O ₅	Spur
S	0,03
H ₂ O — 105 ⁰	0,06
H ₂ O + 105 ⁰	0,90
	100,29

¹ Geologiske Iagttagelser fra Trondhjems Stift 1889, Vid.-Selsk. Forh. 1890. No. 7. S. 42.

² Durch den massiven Sandstein wurden sie vor Streß geschützt.

Dichte $\frac{20^0}{+0} = 2,664$, bestimmt von Herrn E. BERNER.

Das Gestein ist somit ein extrem leukokrates Differentiationsprodukt des Trondhjemit-Magmas.

Ganggesteine ähnlicher Art kommen auch im südwestlichen Norwegen vor. Bereits C. F. NAUMANN¹ erwähnt die weißen Gänge im Saussuritgabbro der Guldfeldmasse östlich von Bergen. TH. HIORTDAHL und M. IRGENS beschreiben dasselbe Gestein als weißen Granulit und bringen eine Analyse desselben². C. F. KOLDERUP³ erkannte als erster die Natur des Gesteins als Aplit. Das Gestein führt Granat, einen Gemengteil, der auch in Trondhjemit-Apliten des Trondhjem-Gebiets mitunter vorkommt.

Die Analyse, welche HIORTDAHL und IRGENS ausgeführt haben, schließt jeden Zweifel an der trondhjemitischen Natur aus:

SiO ₂	75,81
Al ₂ O ₃	12,33
FeO	3,78
MgO	0,09
CaO	2,74
Na ₂ O	3,98
K ₂ O	0,97
Glühverl.	0,65
	100,35

Auch KOLDERUP betont die Ähnlichkeit mit den Gesteinen der Trondhjemit-Gruppe⁴.

Auch nahe dem Südende der Insel Karmø finden sich Gänge von Trondhjemit-Aplit, sie durchsetzen die metamorphen Sandsteine und Konglomerate.

Über die scharfen Grenzen der Gänge von Trondhjemit-Aplit, sowie über die Seltenheit von Einschmelzungserscheinungen überhaupt.

Bei Betrachtung der haarscharfen Grenzen der Trondhjemit-Aplite gegen die umgebenden Schiefer wird man zu der Frage geführt, warum Einschmelzungs- und Resorptionserscheinungen überhaupt so selten sind.

Die Abwesenheit von Resorptionserscheinungen zeigt sich besonders drastisch an solchen Stellen, wo schneeweiße Apliten, nur aus Feldspat und Quarz bestehend, in dunklen biotitreichen Schiefen aufsetzen.

¹ Beyträge zur Kenntniss Norwegens, Bd. 1, S. 146. Leipzig 1824.

² Universitetsprogram 1862, 2, S. 23.

³ Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12, S. 120.

⁴ Bergens Mus. Aarb. 1914/15, No. 8, S. 18.

Ich habe schon bei früherer Gelegenheit auf die auffällige Seltenheit von Resorptionserscheinungen an Eruptivgrenzen aufmerksam gemacht¹. Inzwischen sind neue Gesichtspunkte in der Theorie der Eruptivgesteine aufgetaucht, welche eine Wiederaufnahme derselben Frage wünschenswert erscheinen lassen.

Es fragt sich, warum sind Assimilationserscheinungen an Eruptivgrenzen relativ sehr selten?

Nach der Stopping-Hypothese von R. A. DALY beruht dies darauf, daß die Tiefengesteine kurz vor ihrer endgültigen »mise-en-place« soviel Wärme für die Erwärmung des Nebengesteins und die Schmelzung von »Stopping«-Blöcken verwandt haben, daß sie durch Abkühlung unfähig geworden sind, noch mehr vom Nebengestein zu schmelzen oder lösen. Das Fehlen »sichtbarer« Resorptionserscheinungen sollte also daran liegen, daß die letzten, jüngsten Eruptivgrenzen am Abschluß der »mise-en-place« nur in Berührung mit einem stark gekühlten Magma standen, ein heißeres Magma wäre eben noch weiter vorgedrungen bis es selbst das letzte Stadium erreicht hätte.

Eine neue Möglichkeit der Erklärung bietet sich, wie ich gefunden habe, durch Anwendung von N. L. BOWEN² Lehre von der »Differentiation durch fraktionierte Krystallisation«.

Ein Beispiel möge dies erläutern.

Ein Granit grenze gegen einen Hornfels der Klasse 7, bestehend aus basischem Plagioklas, Diopsid und Biotit.

Nach der Theorie von BOWEN ist der Granit durch fraktionierte Differentiation entstanden, als Restlauge eines etwa basaltischen Magmas. Im Laufe der Krystallisationsdifferentiation hat das Magma bereits als älteste Ausscheidungen basischen Plagioklas und diopsidischen Pyroxen als Bodenkörper abgesetzt, in späteren Stadien auch Biotit. Der Granit ist daher bei seiner Entstehungstemperatur bereits gesättigt an den dunklen Mineralen Diopsid und Biotit und kann gar nicht mehr davon aufnehmen, falls er nicht auf irgendwelche Weise höher erwärmt wird, als es dem vorliegenden Stadium der Krystallisationsdifferentiation entspricht, oder falls eines der Minerale instabil gegen die vorgeschrittene Endlauge würde (wie zum Beispiel der Olivin, der aus Metasilikatschmelzen zuerst ausgeschieden wird).

¹ Die Kontaktmetamorphose im Kristiania-Gebiet, S. 32, 34, 106, Vid.-Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1911, No. 1.

² N. L. BOWEN: Crystallisation-Differentiation in Silicate Liquids, Am. Journ. Sc. 39, 1915, S. 175. The Crystallisation of Haplobasaltic, Haplodioritic and Related Magmas, Am. Journ. Sc. 40, 1915, 161. The Later Stages of Evolution of the Igneous Rocks, Journ. of Geology, Suppl. to Vol. 23, No. 8, 1915.

Während somit der Pyroxen und der Biotit vom granitischen Magma nicht beeinflusst werden sollen, stellt sich die Sache beim Plagioklas etwas anders. Das Magma hat zwar in den früheren Stadien der Krystallisationsdifferentiation auch kalkreichen Plagioklas ausgeschieden, dieser ist aber nicht mehr stabil gegenüber der vorgeschrittenen Restlauge. Wir müssen daher erwarten, daß anorthitreicher Plagioklas der Hornfelse an der unmittelbaren Grenze gegen Granit durch albitreichen Plagioklas ersetzt werden kann, eine Erwartung, die durch Beobachtungen an kleinen Hornfelsschollen Bestätigung zu finden scheint¹.

Auf diese Weise würde es begreiflich, was bei dem Studium der Kontaktmetamorphose so auffällig wirkte, daß saure Granite oft haarscharfe Grenzen gegen basische Hornfelse besitzen, selbst wo der Hornfels in kleinen Schollen von großen Granitmassen umgeben wird. Ein Magma, welches schon in einem früheren Stadium gewisse Minerale ausgeschieden hat, bis Gleichgewicht mit den Bodenkörpern eintrat, ist, solange dieses Gleichgewicht besteht, gesättigt an diesen Bodenkörpern und kann sie nicht von neuem auflösen.

Ein Magma, welches durch Krystallisationsdifferentiation entstanden ist, kann nur dann Minerale des Nebengesteins assimilieren, wenn das Magma die betreffende Komponente noch niemals ausgeschieden hat, oder wenn die schon ausgeschiedene Komponente gegenüber dem Restmagma instabil geworden ist, oder aber wenn das Magma, nach erfolgter Krystallisationsdifferentiation durch irgendwelche Vorgänge eine *Übertemperatur* erhalten hat, welche es befähigt, solche Komponenten wiederum zu lösen, welche es in einem früheren Stadium bereits ausgeschieden hatte. Auch Druckänderungen, sowie Änderungen des Gehalts an flüchtigen Stoffen können in analoger Weise bei der Assimilationsfähigkeit von Belang sein.

Wenn wir von später resorbierbaren Krystallen absehn (Beispiele: Olivin, Anorthit, siehe oben), könnten wir, unter Voraussetzung von BOWENS Hypothese, den folgenden Satz aufstellen:

Ein durch Krystallisationsdifferentiation entstandenes Magma ist gesättigt an all den Mineralen, die es in früheren Stadien ausgeschieden hat, und kann dieselben daher nicht aus dem Nebengestein oder aus Einschlüssen assimilieren.

Dieser Satz bietet erfolversprechende Möglichkeiten, um die Richtigkeit von BOWENS Hypothese zu prüfen.

¹ Kontaktmetamorphose im Kristiania-Gebiet, S. 36, 58.

c. *Trondhjemit-Pegmatite.*

Pegmatitische Trondhjemitgänge sind etwas sehr häufiges im Trondhjem-Gebiet. Sie finden sich teils im älteren Nebengestein der größeren Trondhjemit-Massen, teils als Adern in den Tiefengesteinen. TH. KJERULF¹ beschrieb sie aus der Gegend von Meraker an der Nordostecke unserer Karte, wo sie als accessorische Bestandteile schwarzen Turmalin, roten Granat und blauen Apatit führen (von KJERULF zuerst für Beryll gehalten). Die Trondhjemit-Pegmatite erreichen in der Gegend von Meraker eine Mächtigkeit von vielen Metern (bis zu 40 Metern nach O. N. HAGEN²). Pneumatolytische Erscheinungen werden auch vom gewöhnlichen Trondhjemit beschrieben (Klüfte mit Titanit, von Greisenzonen umgeben).

Trondhjemit-Pegmatite mit schönem rotem Granat sind auch sehr gewöhnlich in Guldalen, besonders um die Station Langletet, auch weiter nördlich bis gegen Singsaas kommen sie vor.

Ferner finden sich Trondhjemit-Pegmatite als mächtige Lagergänge längs dem Nordweststrand des Trondhjemit-Gebiets zwischen Buviken und Surendalen.

Die weißen Pegmatitgänge auf manchen der Inseln außerhalb des Hardangerfjords dürften zum Teil ebenfalls zu den Trondhjemit-Pegmatiten gehören³, ferner die weißen Pegmatitgänge in den grünen Schiefen auf manchen der Inseln bei Stavanger (Verf. 1914).

Die wichtigsten Vorkommen von Trondhjemit.

Eine vollständige Aufzählung aller Trondhjemitvorkommen würde sehr viel Platz in Anspruch nehmen, besonders für das Trondjem-Gebiet, wo Trondhjemite fast allverbreitet sind. Für dieses Gebiet habe ich übrigens schon früher eine Karte der Trondhjemit-Vorkommen gegeben⁴. Längs dem Westrande des Trondhjem-Gebiets zieht sich eine lange Reihe von Trondhjemit-Intrusionen, beginnend mit dem sogenannten Protogingranit bei der Stadt Trondhjem, dann aufgelöst in zahlreiche kleinere Intrusionen über Börgsen, Orkedalsören, Orkedalen, dann wieder in einigen größeren Massen, Solbu, Skarsberget, Hostokammen, Lommundsjøen, Fiskeslien mit zahlreichen kleinen Intrusionen bis Surendalen—Stangvik. Südlich von

¹ Udsigt over det sydlige Norges Geologi, Kristiania, 1879, z. B. S. 185. Merakerprofiel, Det kgl. norske Videnskabers Selsk. Skr. 182, Trondhjem, siehe z. B. S. 84, u. 86.

² Reise i Meraker Sommeren 1881 og 1882, Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 28, 1884, S. 46.

³ Über das Vorkommen dieser Gänge siehe H. REUSCH, Bömmelöen og Karmöen.

⁴ Geol.-petrogr. Studien III, Tafel II. Über die hierbei benützten Quellen siehe ebendort S. 37.

Rindalen finden wir die Fortsetzung desselben Zuges von Randintrusionen, neben zahlreichen ganz kleinen Gangmassen die Trondhjemit von Bølme-fjeld, Reisvandet, dann die große Intrusivmasse von Skamfjeld—Jorfjeld—Holtaasen, die sich quer über das Tal der Orkla erstreckt, begleitet von kleineren Intrusionen und zahlreichen Gängen besonders an der Unterseite, dann die Intrusivmasse von Furuaasen, zahlreiche Intrusionen am Flusse Gröna und sodann endlich die große Eruptivmasse von Opdal-Inset, deren südwestlicher Teil aus Trondhjemit besteht, und die von zahlreichen kleineren Trondhjemit-Intrusionen begleitet wird.

Ein zweiter Trondhjemit-Zug, östlich des vorigen, hat sein Nordende nahe dem Westende des Selbusjø in den Bergen Brungfjeld und Borten-högda samt Kraaklifjeld und Lillefjeld, wo dicke Intrusivgangmassen von Trondhjemit auftreten, weiter südwestlich die plattenförmige Intrusivmasse von Folsstad im Tale der Gula, an der Südseite des Tals aufgelöst in mehrere Parallelzüge, sie läßt sich (nach Mitteilung von Herrn Ingenieur L'ORANGE) bis zum Ramstadsjø verfolgen, weiter gegen Südsüdwest zahl-reiche Anhäufungen von Trondhjemit-Ganggesteinen um Soknedalen, dann die Trondhjemitmasse von Skaumsjøen, dann mehrere dicke Intrusivplatten bei Dövand, Skavlien und Toset, welche letztere drei schon zum Gefolge der großen Opdal-Inset-Masse gerechnet werden müssen. Über den Skavli-Trondhjemit siehe S. 80. Der »weiße Granit« von Toset nördlich Aust-berg ist in einem größeren Steinbruch vortrefflich aufgeschlossen.

Zu einer weiteren Parallelreihe gehört die ganz kleine trondhjemitische Eruptivmasse von Muruviken¹, nahe dem Südostende des Trondhjemsfjords, dann südlich des Selbusjø eine Reihe sehr großer Intrusivmassen zwischen den drei Seen, Sörungen, Samsjøen und Holtsjøen, begleitet von zahl-reichsten kleineren Trondhjemit-Intrusionen. Dieses Gebiet erstreckt sich auch quer über das Tal der Gula zwischen den Stationen Singsaas und Langletet, hier im wesentlichen aufgelöst in eine Reihe dicker Lagergänge (man vergleiche meine Karte l. c.), nur an der Südseite des Tals mehr zusammenhängend. Etwas westlich dieser Trondhjemit liegt der Lakkolith von Burusjø—Burusfjeld mit einer Korona von Lagergängen (man vergleiche C. BUGGES Kartenblatt Rennebu). In der Fortsetzung dieser selben Zone liegt das an kleineren Trondhjemitgängen sehr reiche Gebiet zwischen den Flüssen Bua und Ena, ferner der Trondhjemit vom Sandfjeld und die An-sammlung großer Trondhjemitintrusionen zwischen Napsjøen und Garaa-sjøen quer über das Tal von Kvikne.

¹ Eine alte Analyse dieses (porphyritischen) Gesteins (KJERULF, Merakerprofillet, S. 110) ist hier nicht wiedergegeben, da der Kaligehalt zweifellos zu hoch bestimmt ist.

Ein weiterer Zug Trondhjemit-Gesteine beginnt am Nordrande unserer Karte etwas westlich der Bahnstation Meraker mit dem bekannten »weißen Granit« von Lunkholmen und zahlreicheren kleineren Intrusivgängen, die sich nach Süden über Sonvandene und Skarven nach dem Kirchspiel Selbu erstrecken, mit größeren Trondhjemitmässen bei Börsjöen, Öielven, südlich des Flusses Rotla, alle diese Vorkommen östlich des Selbusjöes, weiter im Süden eine Sammlung größerer Intrusionen im Berge Hilmstötten und eine solche südlich davon, dann der Trondhjemit von Eidet im Tale der Gula, in dessen Fortsetzung der »Diorit« von Öiungen. Dann folgt, nach mehreren unbedeutenden Trondhjemit-Intrusionen, die große Intrusivmasse südlich des Forelsjöes, mit kleineren Begleitmassen, dann ein Zug großer Gänge von Trondhjemit quer über das Flüschen Ya, nahe dessen Mündung in die Orkla im Kirchspiel Kvikne, südwestlich davon eine große Gangmasse über Brentfjeld-Aasfjeld (nach Beobachtungen von C. O. B. DAMM), begleitet von kleineren Gängen, dann einige dicke Intrusionen südwestlich davon (südlich Börsjöen). Dann die große Eruptivmasse von Høi-Gien, bestehend aus Quarz-Biotit-Norit, Opdalit und Trondhjemit, dann die basische Eruptivmasse von Mælsjöen, die beiden Trondhjemite von Langhö und Enstakahö; dann überqueren kleinere Trondhjemitmässen die Folla, und endlich kommt man im Süden zu der großen Eruptivmasse von Vardesjöhö bis Fokstuen und Dombaas. Der nördliche Teil dieser Masse besteht aus melanokraten basischen und intermediären Gesteinsmassen, der südliche aus echtem Trondhjemit, mit ausgezeichneter aplitischer Grenzfacies im Südosten. Der Trondhjemit von Dombaas, auch bekannt unter dem Namen »weißer Dovre-Granit« oder »Jora-Granit«, nach dem Flüschen Jora, dürfte ursprünglich ein wenig kalkreichere Plagioklase besessen haben als die meisten andern Trondhjemite, doch ist der Plagioklas jetzt teilweise saursuritisiert (mit prächtigen Zoisitbesen). Der zuletzt beschriebene Zug von Trondhjemit-Gesteinen hat eine Länge von 200 Kilometern, sowohl nach Norden wie nach Süden setzt er sich noch weiter fort.

Östlich dieses Zuges finden sich ebenfalls einige Trondhjemitmässen. Dieser östlichste Zug beginnt mit Trondhjemit-Pegmatiten südlich Meraker, dann folgen einige größere Gangmassen um den oberen Teil von Tydalen¹, dann eine Gangmasse nördlich Holtsöen, dann ein Trondhjemit-Lagergang an der Ostseite von Harsjöfjeld, einige kleinere Intrusionen bei Djupsjöen, südlich des Vangröfta-Tales, dann sogleich die große Trondhjemitmasse

¹ Man vergleiche die Karten von H. REUSCH, Vid.-Selsk. Forh. Kristiania, 1896, S. 38 u. 39. Auf meiner oben zitierten Karte sind einige dieser kleinen Trondhjemitmässen versehentlich ausgelassen.

von Søndre Langfeldshogna¹, sodann Trondhjemitgänge auf den Inseln im See Sevelen und südlich davon bis Foldalen. Hier wäre auch die langgestreckte Eruptivmasse des Foldal-Granulits zu nennen, die im Norden bei der Grube von Röstvangen beginnen soll und sich nach Süden über die Foldal-Gruben bis zum Flusse Grimsa erstreckt. Von dort gehen vereinzelte Granulite bis Gudbrandsdalen. Einige ganz kleine Trondhjemit-Vorkommen östlich dieses Zuges sind auf meiner oben zitierten Karte angedeutet.

Es sei noch bemerkt, daß die Zusammenfassung der Einzelvorkommen im Trondhjem-Gebiete zu bestimmten »Zügen« großenteils eine ziemlich willkürliche ist. Meine Absicht war nur, der Aufzählung eine übersichtliche Form zu geben. In einigen Fällen dürfte allerdings die Zusammenfassung zu bestimmten Zügen auch dem wirklichen geologischen Bau entsprechen.

Ein besonderes tektonisch-geologisches Interesse beansprucht die Art, in welcher Gudbrandsdalen von den Trondhjemiten überschritten wird, da wir uns hiermit in das Hauptverbreitungsgebiet der Bergen-Jotun-Gesteine begeben. Es zeigt sich, daß die Trondhjemite in das Gebiet der Bergen-Jotun-Gesteine eindringen, somit jünger sein müssen als jene. Allerdings sind die direkten Grenzen nur zwischen sauren Trondhjemiten und relativ basischen Bergen-Jotun-Gesteinen aufgeschlossen, es ist also noch fraglich, inwiefern dasselbe Altersverhältnis für basische Opdalit-Trondhjemit-Eruptive gelten würde, verglichen mit sauren Bergen-Jotun-Gesteinen.

Die große Eruptivmasse von Fokstuen-Dombaas reicht nach Süden bis zum Tale des Gudbrandsdalslaagen bei Dombaas. An der Südseite des Tals findet sie eine Fortsetzung in zahlreichen kleineren Gangmassen von Trondhjemit in der Gegend um den Botteimsæter². Weiter südlich findet sich eine größere Trondhjemitmasse am Südabhange des Berges Grönhø³, begleitet von basischeren Gesteinstypen und zahlreichen trondhjemitischen Gängen. Noch etwas weiter südlich liegen Trondhjemitgänge zwischen den Bergen Sadlen und Svarthøvde (TH. MÜNSTER, Tagebuch, 1897). Etwa 4 km. östlich der Eruptivmasse von Grönhø liegt die kleine Trondhjemitmasse des Berges Graahø (BJÖRLYKKE, l. c.). Ein weiterer kleiner Zug trondhjemitischer Intrusionen liegt weiter östlich, beginnend mit einigen kleinen granulitischen Trondhjemitmassen im Tale bei Dovre, von dort

¹ Diese wurde erst vor kurzer Zeit durch C. BUGGE entdeckt.

² BJÖRLYKKE, Det centrale Norges Fjeldbygning, S. 340—342.

³ BJÖRLYKKE, l. c. S. 329.

nach Süden fortsetzend bis zum Berge Storhø, wo eine größere Trondhjemitmasse aufgeschlossen ist. Die einzelnen Vorkommen dieses Zuges werden teils von MÜNSTER, teils von BJÖRLYKKE erwähnt. Recht häufig findet man in diesem Zuge kleinere Intrusivgänge von Trondhjemit-Porphyr.

Keiner der hier aufgezählten Züge überschreitet das Tal von Vaage, hier gelangen sie somit nicht in das Gebiet der Bergen-Jotun-Gesteine.

In der Fortsetzung der östlichsten Trondhjemitzüge des Trondhjem-Gebiets liegen die Eruptivgesteine von Svartknabben, nördlich von Hövringsdalen. Sie werden von BJÖRLYKKE beschrieben¹. Außer Trondhjemit finden sich hier dunkle gabbroide Gesteine und Serpentine, offenbar demselben Stamme angehörend. Südsüdöstlich von diesem Vorkommen finden sich granulitische Trondhjemite bei Rapane-Sæter (Sell) nach Material, welches mir von Herrn Dozenten WERENSKIOLD geliehen wurde. Das Vorkommen liegt bereits in der unmittelbaren Nachbarschaft jenes Streifens von Bergen-Jotun-Gesteinen, welcher sich längs der Nordostseite von Gudbrandsdalen entlangzieht.

Südlich des Tals kennen wir folgende Vorkommen von Gesteinen des Opdalit-Trondhjemit-Stammes.

Im Tale der Sjoa, gleich nördlich von Hindsæter, einige kleinere Gänge von »weißem Granit« (Breite 1—100 cm.), welche mit nordsüdlichem Streichen ein gabbroides Gestein des Bergen-Jotun-Stammes durchsetzen. Das Vorkommen wird sowohl von TH. MÜNSTER² wie von K. O. BJÖRLYKKE³ erwähnt.

Das Vorkommen liegt nahe der Unterseite der Bergen-Jotun-Eruptivmassen.

Relativ häufig sind trondhjemitische Gesteine weiter östlich, im Gebiete der Bergen-Jotun-Gesteine von Hedalen. Hier sind die Trondhjemite zum Teil in Granulitfacies entwickelt, ebenso wie viele Bergen-Jotun-Gesteine desselben Gebiets. Granulitische Trondhjemite kenne ich aus dem reichen, von W. WERENSKIOLD gesammelten Material südöstlich von Storhø; östlich davon liegt eine größere Trondhjemitmasse, welche von BJÖRLYKKE⁴ beschrieben worden ist. Eine ganze Reihe trondhjemitischer Intrusivmassen begleitet den Südostrand der Bergen-Jotun-Gesteine von Hedalen, längs der Bewegungsfläche, welche die Eruptivplatte nach unten begrenzt. Die

¹ BJÖRLYKKE, l. c. S. 307.

² TH. MÜNSTER, Tagebuch, 1896.

³ BJÖRLYKKE, l. c. S. 432.

⁴ BJÖRLYKKE, l. c. S. 246, zwischen Kvernebrosæter und Haugsæter.

»weißen Granite« dieses Zuges werden von BJÖRLYKKE beschrieben¹. Ich habe alle Vorkommen dieser Trondhjemitgesteine mikroskopisch untersucht, an ihrer Bestimmung ist nicht zu zweifeln. Schwieriger ist es zu unterscheiden, ob nicht manche der begleitenden gabbroiden Gesteine ebenfalls dem Opdalit-Trondhjemit-Stamme angehören. Für die Mehrzahl der gabbroiden Gesteine von Hedalen ist die Zugehörigkeit zum Bergen-Jotun-Stamme jedoch ganz sicher. Die zuletzt erwähnten Trondhjemitvorkommen erstrecken sich vom unteren Lauf der Sjoa (bei Bilbein) über Hedals Graahö und Kviknehö nach dem Berge Hedalsmuen. Die Analogie dieser »weißen Granite« mit den entsprechenden Gesteinen des Trondhjem-Gebiets wird bereits von BJÖRLYKKE stark hervorgehoben. Zum Teil liegen sie intrusiv in bereits verschieferten gabbroiden Gesteinen eingelagert. Derselbe Zug von Trondhjemiten kann nach BJÖRLYKKEs Angaben und dem von ihm gesammelten Materiale weiter nach Südwesten verfolgt werden, stets nahe dem unteren Rande der großen Platte von Bergen-Jotun-Gesteinen. Hierher gehören Gänge von Trondhjemit-Porphyr von Tolstadsæter, Murudalen, welche quer durch verschieferte gabbroide Gesteine hindurchschneiden. Noch weiter südwestlich findet sich am Fließchen Hinögla ein Trondhjemit, dessen Apophysen einen Gabbro des Bergen-Jotun-Stammes durchsetzen².

Bereits TH. KJERULF³ erkannte die Ähnlichkeit zwischen den »weißen Graniten« von Indre Sogn und denen des Trondhjem-Gebiets. Angaben über die einzelnen Vorkommen dieses bedeutenden Trondhjemit-Gebiets findet man in den Publikationen von W. C. BRÖGGER⁴ (nach Beobachtungen von TH. MÜNSTER), sowie ganz besonders J. REKSTAD⁵ und J. OXAAL⁶ (siehe auch S. 85).

Die wichtigsten Vorkommen liegen zu beiden Seiten des Aardalsfjords und erstrecken sich nach Süden bis zum Lærdalsfjord. Ein kleineres Gebiet liegt an der Westseite des Lysterfjords nahe dessen Mündung. Gänge trondhjemitischer Zusammensetzung sind, wie aus den vorliegenden Beschreibungen entnommen werden kann, im ganzen Gebiete von Indre Sogn verbreitet, sie durchsetzen sowohl die Sedimente der Phyllitformation wie die Labradorfelse des Bergen-Jotun-Stammes (man vergleiche die Übersichtskarte, wo die bis jetzt bekannten Vorkommen eingetragen sind). Es ist möglich, daß die »weißen Granitgänge«, welche BJÖRLYKKE südlich der

¹ BJÖRLYKKE, l. c. S. 240—254.

² BJÖRLYKKE, l. c. S. 435.

³ Udsigt over det sydlige Norges Geologi, 1879, S. 195.

⁴ Lagfølgen paa Hardangervidda, Norges geol. Unders. Skr. No. 11, 1893, S. 67.

⁵ Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7.

⁶ Norges geol. Unders. Aarb. 1913, No. 1.

Kirche von Borgund beobachtet hat¹, ebenfalls trondhjemitischer Zusammensetzung sind und zum Gefolge der Trondhjemit von Indre Sogn gehören.

Die »weißen Granite« von Indre Sogn bilden die größte zusammenhängende Trondhjemitmasse im südlichen Norwegen. Nach dem mir vorliegenden Materiale handelt es sich größtenteils um typischen Trondhjemit, zum kleineren Teil um Übergangstypen zu kalireicheren granitoiden Gesteinen. Eine nähere petrographische Beschreibung des Gebiets ist zurzeit in Arbeit (M. JOHNSON).

Die meisten Trondhjemit des westlichsten Norwegens nördlich der Mündung des Hardangerfjords wurden von C. F. KOLDERUP² beschrieben.

Es handelt sich hier, von Norden nach Süden, um folgende Vorkommen.

Die große Trondhjemitmasse des Bremangerlands, der gangförmige Trondhjemit von Svanöen, Söndfjord, die große Trondhjemitmasse von Sogneskollen an der Mündung des Sognefjords. Auch auf Losneö und Kvitö finden sich kleinere Trondhjemitmassen³.

Auch in den Bergen-Bögen sind Gesteine der Trondhjemit-Gruppe vertreten. C. F. KOLDERUP beschreibt einen Gang von Trondhjemit, welcher den Labradorfels von Skougsnöen durchsetzt. Hier wären auch die Trondhjemit-Aplite zu erwähnen, welche den Saussuritgabbro des Gulfsjelds durchsetzen. Andere Gänge des Trondhjemit-Gefolges (Trondhjemit-Porphyr, Trondhjemit) aus dem Gebiete Gulfsjeld—Trengereid werden in KOLDERUPS Arbeit von 1914/15 eingehend beschrieben. KOLDERUP erkannte auch die Verwandtschaft zwischen diesen »Granodioriten« und dem Gneisgranit des Streifens Trengereid-Kraanipen-Osören. Dieser Gneisgranit, ebenfalls den Plagioklas-Quarz-Gesteinen angehörend, könnte vielleicht den »Protogingraniten« des Trondhjem-Gebiets gleichgestellt werden.

Das große Gebiet saurer Tiefengesteine auf den großen Inseln an der Mündung des Hardangerfjords (Bömmelöen, Stordöen, Tysnesö, Reksteren, Hofteren, Mögsteröerne) besteht teilweise aus Trondhjemit. Unter dem Material aus dieser Gegend, welches Herr Dr. REUSCH mir liebenswürdigst geliehen hat, befindet sich auch ein Dünnschliff eines typischen Trondhjemits vom äußeren Teil des Urangsvaag (Bömmelöen). Auf der Übersichtskarte

¹ Det centrale Norges Fjeldbygning, S. 509.

² Siehe folgende Publikationen: Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12. Bergens Mus. Aarb. 1911, No. 17 und No. 18. Bergens Mus. Aarb. 1914/15, No. 8. In diesen Publikationen findet man auch alle Angaben über ältere Litteratur.

³ Siehe H. REUSCH, Nyt Mag. f. Naturv., Bd. 26, 1881, S. 104. In derselben Publikation finden wir auch nähere Angaben über den Trondhjemit des Bremangerlandes.

habe ich dieses Trondhjemitvorkommen angedeutet. Einige weitere Dünnschliffe, die ich von den sauren Tiefengesteinen dieser Inseln herstellen ließ, ergaben eine weitere Verbreitung des Trondhjemit-Typus (Dyrenæs auf Bømmelø, Hermanshavn, Stordö).

Auch die sauren Tiefengesteine, welche sich von Hofteren über Reksteren zur Nordwestseite der Tysnæsö erstrecken, bestehn teilweise aus trondhjemitischen Gesteinen, es finden sich in REUSCHS Monographie über das Gebiet¹ Angaben, welche sich in dieser Richtung deuten ließen, und später (während des Druckes dieser Abhandlung) konnte ich an mehreren Dünnschliffen der dortigen Gesteine das Auftreten von Trondhjemit nachweisen.

Von dem großen Gebiete saurer Gesteine auf der Südwesthälfte von Karmøyen kenne ich selbst nur den südlichsten Teil. Hier finden sich unzweifelhafte Trondhjemite.

Auch auf der kleinen Insel Utsire im offenen Meere westlich von Karmøyen kommt, nach der Beschreibung von C. F. KOLDERUP und P. OTTESEN², Trondhjemit vor (man vergleiche auch die Analyse des dortigen Trondhjemits, welche KOLDERUP ausführen ließ, siehe oben S. 85).

Trondhjemite finden sich auch unter den sauren Intrusivgesteinen auf den Inseln nördlich und nordöstlich von Stavanger. Eine Analyse eines hierhergehörigen Gesteins, für meine Beschreibung des Stavanger-Gebiets bestimmt, ist bereits auf S. 85 mitgeteilt. Hier treten sie in geologischer Verbindung mit ordinären Graniten auf.

Die allermeisten der in diesem Kapitel aufgezählten Vorkommen habe ich mikroskopisch untersucht, mit Ausnahme einiger kleinerer Gangmassen, sowie derjenigen westnorwegischen Vorkommen, welche bereits durch C. F. KOLDERUP ausreichend bekannt erschienen. Eine ausführliche petrographische Beschreibung aller Einzelvorkommen hätte aber wenig Zweck, da der Trondhjemit-Typus ein sehr einförmiger ist.

Über das Vorkommen ordinärer Granite im Opdalit-Trondhjemit-Stamme.

Versucht man, die durchschnittliche Zusammensetzung der Opdalit-Trondhjemit-Gesteine unter Berücksichtigung ihrer Massen zu berechnen, so erhält man Durchschnittswerte, welche sich von denen anderer Eruptivstämme durch den viel geringeren Kaligehalt unterscheiden. Es fehlen nämlich die großen Massen kalireicher Granite, welche in andern Eruptivstämmen unter den sichtbaren Gesteinen eine so wesentliche Rolle spielen.

¹ Bømmeløen og Karmøyen, 1888, besonders S. 303.

² Utsires Fjeldbygning og Bergarter, Bergens Mus. Aarb. 1911, No. 17.

Ich verwandte daher viel Zeit auf die Untersuchung der Frage, ob und in welcher Ausdehnung gewöhnliche Granite im Opdalit-Trondhjemit-Stamme vorkommen.

In den gewöhnlichen Trondhjemiten der verbreitetsten Typen dürfte der Kaligehalt öfter unter als über 2 $\frac{0}{10}$ betragen. In einem Trondhjemit mit ganz ungewöhnlich starker Beteiligung von Kalifeldspat (Storhø, Opdal, vergl. S. 83) fanden sich auch nur 2,75 K₂O gegenüber 5,49 Na₂O.

Granitische Gesteine mit stärkerer relativer Beteiligung von Kalifeldspat finden sich als Seltenheit in geologischer Verknüpfung mit Trondhjemiten. So enthält die nordwestliche Grenzfacies der Trondhjemit-Diorit-Masse von Eidet im Tale der Gula schätzungsweise ebensoviel Kalifeldspat wie Plagioklas.

Auch unter den Trondhjemiten von Indre Sogn habe ich Gesteinsproben gesehen, in welchen die Menge des Kalifeldspats derjenigen des Plagioklasses ebenbürtig ist. Auch in manchen der kleineren Apophysen, welche die Schieferhülle der Trondhjemite im Tale der Gula durchsetzen, kann man relativ hohe Gehalte an Kalifeldspat finden.

Alle diese Vorkommen sind aber zu unbedeutend, um die Berechnung der durchschnittlichen Stammeszusammensetzung nennenswert zu beeinflussen.

Nun meldet sich die Frage, ob vielleicht andere größere Massen normaler Granite im kaledonischen Gebirge mit dem Opdalit-Trondhjemit-Stamme in Verbindung zu bringen sind. Im Trondhjem-Gebiete südlich des Trondhjemfjords, dem klassischen Felde der Trondhjemite, sind normale kalireiche Granite nicht bekannt. (Über die granitoiden Augengneise des Trondhjemgebiets siehe eines der folgenden Kapitel). Im Grundgebirge des sogenannten »Westrandes«, westlich des Trondhjem-Gebiets, finden sich rote und graue kalireiche Granite, deren Alter möglicherweise kaledonisch sein könnte. Zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme dürften sie jedoch kaum gehören, da sie niemals in geologischer Verknüpfung mit Trondhjemiten auftreten.

Auf den Inseln Hitteren und Smölen, südlich der Mündung des Trondhjemfjords, findet sich eine hauptsächlich dioritische Eruptionsprovinz, deren jüngstes Tiefengestein ein ordinärer Mikroklinggranit ist. Ob diese Eruptionsprovinz zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme gehört, ist aber noch zweifelhaft (man vergleiche eines der folgenden Kapitel).

Im südwestlichen Norwegen findet man dagegen eine offenbare Verknüpfung zwischen sauren Tiefengesteinen des Trondhjemit-Typus und normalen Graniten, nämlich im Gebiete von Stavanger, wo beide als Intrusivmassen in Phylliten und grünen Schiefern des Kambriums und Silurs auftreten. Es ist jedoch noch nicht festgestellt, ob *alle* kaledonischen Granite

des Stavanger-Gebiets zum selben Stamme gehören, daher habe ich dieselben vorläufig noch unter den Gesteinen unbekannter Stammeszugehörigkeit eingereiht.

Die große Masse saurer Tiefengesteine auf den Inseln Bömmelöen, Stordöen, Tysnesöen, Reksteren, Hofteren und Mögsteröerne besteht zum Teil aus typischem Trondhjemit, zum Teil aus normalen granitischen Gesteinen. Ich möchte bestimmt glauben, daß die Granite des Gebiets mit den Trondhjemiten genetisch verknüpft sind, da sich in dem mir vorliegenden Material auch adamellitische Übergangstypen fanden, welche ungefähr gleiche Mengen von Oligoklas und Kalifeldspat führten. Es scheint, daß von Trondhjemiten des Storhö-Typus (vergl. S. 83) unter Zunahme der Kalifeldspat-Grundmasse eine Gesteinsreihe zum normalen Granit hinüberführt.

Doch sind die Tiefengesteine des eben besprochenen Gebiets noch zu wenig bekannt, um ein endgültiges Urteil über diese Beziehungen zu ermöglichen.

Vom Standpunkte der Differentiationslehre wäre es zu vermuten, daß man normale Granite als jüngste Gesteine des Stammes antreffen sollte, denn die Grundmasse der kalireichsten Trondhjemite besitzt eine unzweifelhaft echt granitische Zusammensetzung (Mikroperthit und Quarz). Nach BRÜGGERS Satz über den Parallelismus zwischen Krystallisationsfolge und Differentiationsfolge sollte man demnach jüngste Granite erwarten.

Es sei übrigens bemerkt, daß nach TEALL in Schottland kaledonische Granite in geologischer Verknüpfung mit Gesteinen des Trondhjemit-Typus auftreten (siehe im allgemeinen Teil den Vergleich mit andern Teilen des kaledonischen Gebirges).

Die geologische Lagerungsform der Opdalit-Trondhjemit-Eruptive.

Die allermeisten Vorkommen der Trondhjemite im Trondhjem-Gebiet sind deutlich intrusiv, in Form dünner oder dicker Lagergänge oder Anhäufungen solcher, sowie als unzweifelhaft intrusive große Massen lakkolith-ähnlicher Form, meistens allerdings nicht in horizontaler Lagerung, sondern mit der Neigung, welche den Schichtungsebenen, respektive den Verschiebungsflächen, der umgebenden metamorphen Sedimente entspricht.

Große lakkolithartige Intrusivmassen kennen wir nördlich des Tals der Gula, um nur beispielsweise eine Reihe von Vorkommen zu erwähnen.

Deutlich intrusiv, in Form unsymmetrischer Lakkolithen von bedeutenden Dimensionen sind auch die großen Vorkommen von Gesteinen dieses Stammes längs dem Westrande des Trondhjem-Gebiets. Diese Massen fallen in der Regel gegen Osten ein, wie es dem allgemeinen Muldenbau des Trondhjem-Gebiets entspricht. Hierher gehört die große Intrusivmasse westlich von Trondhjem, ferner im Süden die große Masse von Dombaas-Fokstuen, welche teils aus Trondhjemit, teils aus intermediären und basischen Gesteinen des Stammes besteht. Auch die große Masse von Skamfjeld-Jorfjeld-Holtaasen auf den Kartenblättern Troldhætta und Rennebu ist deutlich intrusiv. Wahrscheinlich ebenfalls intrusiver Natur, aber *sehr* schief gestellt, ist die große Eruptivmasse von Opdal-Inset. Sie ist gegen Süden—Südosten gekippt (man vergleiche die Karte des Gebiets, Tafel VI).

Einige der größeren Eruptivmassen im Trondhjem-Gebiet sind allerdings nur an ihrer Oberfläche aufgeschlossen (Eidet, Öiungen), so daß es für diese unsicher erscheint, wie die untere Grenzfläche beschaffen ist.

Für die überwiegende Mehrzahl der Eruptivmassen dieses Stammes im Trondhjem-Gebiet steht jedoch der intrusive Charakter als lakkolithartige Massen und Lagergänge unzweifelhaft fest.

Unter den gangförmigen Massen gibt es natürlich auch zahlreiche, welche die umgebenden Schichten quer durchsetzen, doch sind Lagergänge entschieden häufiger.

Auch im südlichsten Zipfel des Trondhjem-Gebiets, wo dieses Gudbrandsdalen überschreitet, treten die Trondhjemite nach der vorliegenden Litteratur vorwiegend in Form dicker Lagergänge auf.

Die Form der Trondhjemit-Massen im westlichen Norwegen ist in den meisten Fällen noch wenig bekannt. Die von Indre Sogn erinnern nach den geologischen Karten des Gebiets an Stöcke¹, müssen aber noch näher untersucht werden, ehe ein abschließendes Urteil möglich erscheint. Diejenigen vom Bremangerland und Sogneskollen dürften nach KOLDERUPS Beschreibung lakkolithische Intrusionen sein. Ebenfalls lakkolithisch-intrusiv sind die Trondhjemite des Stavanger-Gebiets, deren geologisches Auftreten ich in einer späteren Publikation ausführlich beschreiben werde.

Über die geologische Lagerungsform der Trondhjemite von Bömmeløen und Karmøen läßt sich vorläufig kein Urteil abgeben, ehe nicht die Art des Verbandes mit den umgebenden Tiefengesteinen sicher festgestellt ist.

¹ Bemerkenswert ist, nach den Arbeiten von J. REKSTAD und J. OXAAL, das Vorkommen einer Brecciengrenzzone, in welcher der Trondhjemit zahlreichste Bruchstücke des Nebengesteins umschließt.

In tektonischer Beziehung scheinen die Trondhjemite und ihre Stammverwandten überall in situ zu liegen, ohne größere Massenverschiebungen gegen das Nebengestein, mit vielleicht einziger Ausnahme der Trondhjemite von Hedalsmuen, welche anscheinend etwas nach Südwesten geschoben sind.

Das Alter des Opdalit-Trondhjemit-Stammes.

Die Eruptivgesteine dieses Stammes sind nicht alle *streng* gleichaltrig. Man beobachtet eine ausgeprägte Erstarrungsreihenfolge, derart, daß stets die basischen, schon erstarrten Gesteinstypen von den sauren, noch flüssigen durchbrochen werden. Dieses Altersverhältnis läßt sich überall dort konstatieren, wo Opdalit-Trondhjemit-Gesteine verschiedener Zusammensetzung gemeinsam vorkommen. Stets wird das dunkle basische Gestein von dem hellen sauren durchbrochen. Ein günstiges Gebiet für Untersuchungen über die Altersfolge ist die Eruptivmasse von Opdal-Inset.

Alle Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes im südlichen Norwegen sind post-untersilurisch. Gesteine dieses Stammes durchsetzen auch vielerorts den vulkanischen Komplex der grünen Gesteine, sind also jünger als diese. Andererseits dürften auch die jüngsten der sauren Trondhjemite älter sein als die Beendigung der kaledonischen Faltung, da ihr Gangfolge, selbst wenn die größeren Intrusivmassen mechanisch intakt sind, noch starke Pressungen aufweist, die sich bis zur völligen Verschieferung steigern können (Aplite von Stören und Birkaker, vergl. S. 89—90).

Abgesehen von dem Altersunterschied innerhalb der einzelnen Differentiationsreihen (siehe oben) dürften auch Altersunterschiede zwischen den einzelnen Vorkommen saurer Trondhjemit-Gesteine vorliegen, in dem Sinne, daß einzelne Vorkommen (die »Protogingranite« und manche Granulite) früher erstarrt sind als die eigentlichen Trondhjemite. Dies zeigt sich einerseits in dem sehr verschiedenen Grade mechanischer Beanspruchung, andererseits auch in der Tatsache, daß der Protogingranit von Trondhjem zwar jünger ist als der umgebende vulkanische Komplex von grünen Gesteinen, aber deutlich älter als selbst recht frühe Stadien der kaledonischen Faltung, indem Gerölle von ihm in den wohl spätsilurischen Konglomeraten von Hell vorkommen, wo sie schon von TH. KJERULF bemerkt wurden. Die Gerölle zeigen bereits den Protoginhabitus, sowie die Umwandlung des Kalifeldspats in Schachbrettalbit.

Effusive Facies der Opdalit-Trondhjemit-Gesteine sind in situ noch nirgends mit Sicherheit nachgewiesen¹, wohl aber finden sie sich in den Konglomeraten von Hell am Südostende des Trondhjemsfjords.

Daß der Stamm der Opdalit-Trondhjemit-Gesteine älter ist als die devonische Erosion des Gebirges, ergibt sich aus dem Vorkommen echter trondhjemitischer Gesteine als Gerölle in den Basalbildungen des norwegischen Devons. Für das westliche Norwegen ist dies von H. REUSCH und C. F. KOLDERUP gezeigt worden (Bremangerland), für das östliche Norwegen vom Verfasser (Röragen).

Das Alter der Opdalit-Trondhjemit-Gesteine kann somit, im großen gesehen, als kaledonisch bezeichnet werden, und es ist wohl wahrscheinlich, daß die zeitliche Übereinstimmung zwischen Gebirgsbildung und Intrusion durch einen geologischen Zusammenhang bedingt ist.

Bemerkungen über die Eruptivgesteine der Opdal-Inset-Masse und deren magmatische Differentiation.

Vielleicht das interessanteste Eruptivgebiet des Opdalit-Trondhjemit-Stammes ist die Masse von Opdal-Inset, im westlichen Teile des Trondhjem-Gebiets. Die verschiedensten Gesteine dieses Stammes finden sich hier vortrefflich aufgeschlossen, in neuester Zeit werden durch den Bau der Dovrebahn noch zahlreiche neue Aufschlüsse im frischen Gestein geschaffen.

Die beifolgende Karte des Gebiets ist als eine vorläufige Skizze zu betrachten, zusammengestellt nach eigenen Beobachtungen, nach Tagebüchern im Archiv von Norges geologiske Undersøkelse, sowie nach den Karten, welche von K. O. BJÖRLYKKE² und C. BUGGE³ veröffentlicht sind.

Zur Einzeichnung der Grenzen und der Schichtstellung standen mir folgende Tagebücher aus dem Archiv von Norges geologiske Undersøkelse zur Verfügung: TH. KJERULF 1861, K. M. HAUG 1865 und 1866, LARSEN 1876, M. BUGGE 1886—1888, C. O. B. DAMM 1897, wofür ich Herrn Dr. H. REUSCH meinen besten Dank ausspreche. Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Münzmeister C. BUGGE für die liebenswürdige Mitteilung zahlreicher Observationen, welche er und Herr Bergingenieur A. BUGGE im Gebiet des Kartenblatts Rennebu gemacht haben.

¹ Vielleicht dürften die sauren Effusivgesteine von Bømmeløen (Quarzporphyrite) ganz oder teilweise trondhjemitischen Chemismus aufweisen.

² Det centrale Norges Fjeldbygning, 1905, S. 387.

³ Geol. Rekt.-Karte Rennebu, 1910.

Südlich der Orkla und bis zum Storlisæter ist der Verlauf der Eruptivgrenze noch gar nicht näher bekannt, eine mutmaßliche Grenze ist auf der Karte mit unterbrochenen Strichen eingezeichnet.

Auch die Abgrenzung der einzelnen Gesteinstypen auf der Karte ist nur eine vorläufige. Von den sehr zahlreichen Gängen von Trondhjemit-Porphyr und Trondhjemit-Aplit ist auch nur eine Minderzahl beispielsweise eingezeichnet. Die sehr zahlreichen Vorkommen gangförmiger Trondhjemit-Apliten innerhalb der Tiefengesteinmassen wurden überhaupt nicht auf der Karte dargestellt.

Auf der Karte habe ich einerseits die Trondhjemite, Trondhjemit-Porphyre und Trondhjemit-Apliten ausgeschieden, andererseits die dunklen basischen und intermediären Gesteine (Pyroxenit-Norite, Norite, porphyritische Norite, Quarz-Biotit-Norite, Hypersthen-Glimmer-Diorite, Opdalite und »dioritische Gesteine«). Ein besonderes Zeichen habe ich an denjenigen Stellen angewandt, wo ich typischen Opdalit nachgewiesen habe. Es wurden nur solche Opdalitvorkommen eingezeichnet, in welchen die Natur des Gesteins durch mikroskopische Untersuchung sicher festgestellt ist. Die tatsächliche Verbreitung des Opdalits in der Opdal-Inset-Masse dürfte daher eine bedeutend größere sein.

Ich hoffe, später Gelegenheit zu einer detaillierten geologischen Kartierung dieser schönen Gegend zu finden. Eine ausführliche Beschreibung der Kontaktgesteine werde ich im Zusammenhang mit meinen Studien über Regionalmetamorphose veröffentlichen.

Nicht ohne Interesse ist die historische Entwicklung unserer Anschauungen über die Eruptivgesteine von Opdal-Inset.

Die erste Beschreibung verdanken wir C. F. NAUMANN¹, welcher bereits die Ähnlichkeit mit den Gesteinen der Eruptivmasse von Dombaas-Fokstuen betont. Er sagt, das Gestein sei »ein vollkommener Hornblende-granit (Diabas). Vor Stuen mischt sich ein tombakbrauner Glimmer ein, die Hornblende wird auffallend zurückgedrängt und aus dem Diabas entwickelt sich ein schöner Granit«.

Von B. M. KEILHAU² wird das Eruptivgebiet als ein »Granit- und Diorit-Feld« bezeichnet, in welchem Granit und Diorit durch alle Übergänge verbunden seien. Hier wird auch schon die Kontaktzone um die Eruptivmasse erwähnt, »mit Hornsteinen ähnlich denen des Kristiania-Territoriums«.

¹ Beiträge zur Kenntniss Norwegens, Bd. 2, S. 312—313, siehe auch Tafel IV. Leipzig, 1824.

² Gæa Norwegica, S. 403, 1850.

Th. KJERULF besuchte die Gegend 1861. In seinem Tagebuche (Archiv von Norges geologiske Undersökelse) erwähnt er die Häufigkeit von Gabbro im nordöstlichen Teile des Gebiets und erörtert als Möglichkeit, ob dieser Teil nicht ganz aus Gabbro bestehe, während er den südwestlichen Teil als »weissen Granit« erkannte. In seinen Publikationen rechnet er jedoch die ganze Masse zu den Graniten des Trondhjem-Gebiets.

K. M. HAUAN, der das Trondhjem-Gebiet im Auftrage KJERULFS bereiste, erwähnt in seinem Tagebuche von 1865 (Archiv von Norges geologiske Undersökelse), die Eruptivmasse von Inset-Opdal habe nicht das gewöhnliche Aussehn der Granite im Trondhjem-Gebiet, sondern scheine eher ein Syenit zu sein, bestehend aus zwillingsgestreiftem Plagioklas, Biotit, Hornblende und spärlichem Quarz.

A. E. TÖRNEBOHM¹ kritisiert KJERULFS Bezeichnung der Eruptivmasse als »weißen Granit« und bezeichnet sie als olivinfreien, biotithaltigen, mitunter hypersthenführenden Gabbro. Er meint, wirklich saure Gesteine kämen in der Gegend nur als Gänge vor (er kannte nämlich nicht das Trondhjemitfeld in der Südwesthälfte der Masse).

In C. BUGGES Beschreibung des Kartenblatts Rennebu² wird nur der nördlichste Teil der großen Eruptivmasse beschrieben, und zwar als Quarz-Biotit-Norit, eine Bezeichnung, welche die Zusammensetzung der dunklen gabbroiden Facies zutreffend kennzeichnet (siehe S. 61—65).

Wir finden somit, daß die Einreihung der Opdal-Inset-Gesteine in die petrographische Systematik von verschiedenen Beobachtern sehr verschieden vorgenommen wurde. Bald werden die Gesteine als Diorit bezeichnet, bald als Granit, bald als Gabbro oder Norit, bald als Syenit. Der Grund hierfür liegt einerseits in der schnell wechselnden Beschaffenheit der Eruptivmasse, anderseits in der gewissermaßen intermediären Stellung, welche der Opdalit zwischen den Hauptfamilien der Tiefengesteine einnimmt.

Ich selbst besuchte die Gegend zuerst im Frühjahr 1913 und hatte Gelegenheit, in den neuen Sprengungen an der Dovrebahn ein sehr frisches Material der verschiedenen Gesteinstypen zu sammeln; im Herbst desselben Jahres wurden einige der Gesteine auf meinen Wunsch durch Herrn Chemiker O. RÖER analysiert. Im Frühjahr 1914 konnte ich bereits auf die eigentümliche mittlere Stellung des Opdalits im System der Eruptivgesteine hinweisen (Vortrag in Stockholm), zitiert bei W. C. BRÖGGER³.

¹ Det centrala Skandinavians Bergbyggnad, 1896, S. 106—107. TÖRNEBOHM bemerkt ganz zutreffend, das gabbroide Gestein sei hier mitunter »dioritisert«.

² Rennebu, Norges geol. Unders. Skr. No. 56, 1910.

³ Norges Geologi, in »Norge 1814—1914, siehe S. 214.

	Quarz-Biotit-Norit, Geggenüber Gissensaas.	Hypersthen- Glimmer-Diorit, Südl. Austberg.	Opdalit Südl. Austberg.	Opdalit, Südl. Austberg.	Trondhjemit m. Anti-Rapakivi- Feldspat, Skavlien.	Ungewöhnl., kalireicher Trondhjemit, Gipfel von Storhø.	Trondhjemit-Aplit, Geggenüber Gissensaas.
SiO ₂	51,67	57,63	61,64	62,25	72,11		75,35
TiO ₂	1,82	0,97	0,97	0,94	0,17		Spur
Al ₂ O ₃	15,42	16,33	15,44	15,15	15,25		13,97
Fe ₂ O ₃	1,04	0,84	0,92	0,96	0,64		0,15
FeO	9,32	5,68	4,64	4,49	0,84		0,56
MnO	0,19	0,10		0,07	0,02		Spur
MgO	7,13	5,47	4,28	3,92	0,38		0,11
CaO	8,56	6,39	4,85	4,47	1,98		1,87
BaO	0,00	0,06		0,06	0,03		0,01
Na ₂ O	2,98	3,22	3,55	3,30	5,43	5,49	6,00
K ₂ O	0,92	2,20	3,24	3,50	2,04	2,75	1,28
P ₂ O ₅	0,27	0,07	0,15	0,16	0,06		Spur
CO ₂	Spur	0,12	0,12	0,06	0,22		
S	0,06	0,03		0,04	0,06		0,03
H ₂ O—105°	0,08	0,06		0,05	0,03		0,06
H ₂ O+105°	0,59	0,82	0,43	0,57	0,66		0,90
	100,05	99,99	100,23	99,99	99,92		100,29
Dichte $\frac{20^{\circ}}{4^{\circ}}$	2,982	2,842	2,790	2,777	2,676	2,665	2,664

Im Sommer 1914 konnte ich in der Opdal-Inset-Gegend ein größeres Material der Eruptivgesteine sammeln.

In der Tabelle auf S. 109 bringe ich nochmals alle Gesteinsanalysen aus der Gegend der Opdal-Inset-Masse, sämtlich ausgeführt von Herrn Chemiker O. RÖER.

Bemerkenswert ist die recht ausgesprochene Analogie mit den ebenfalls sehr wechselvollen Eruptivgesteinen des Electric Peak, Yellowstone, denen die Opdal-Inset-Gesteine auch im Mineralbestande ähnlich sind.

Auch die Norit-Diorit-Tonalit-Masse von Klausen dürfte, nach den vorliegenden Beschreibungen, nahe Analogie mit der Eruptivmasse von Opdal-Inset aufweisen.

Die Masse von Opdal-Inset bildet ein besonders schönes Beispiel einer sicher genetisch verknüpften Gemeinschaft von Eruptivgesteinen.

Eine besonders bemerkenswerte Differentiationsreihe wird von den basischen und intermediären Gesteinen des Gebiets gebildet.

Wir gelangen, um vorläufig nur die analysierten Gesteinstypen zu berücksichtigen, von Quarz-Biotit-Norit über Hypersthen-Glimmer-Diorit zum Opdalit. Am basischen Ende dieser kleinen Reihe wären noch die Norite und Pyroxenitnorite anzufügen.

Diese Gesteinsreihe zeigt unzweifelhaft das von BRÖGGER entdeckte Gesetz des Parallelismus zwischen Krystallisationsfolge und Differentiation. Jedes Gestein der Reihe von Pyroxenitnorit zum Opdalit kann von dem nächst saureren abgeleitet werden durch Anreicherung von dessen erstkrystallisierenden Mineralen.

Es zeigt sich dies recht deutlich bei einer tabellarischen Zusammenstellung des Mineralbestandes in den Gesteinen der vier ersten Analysen auf S. 109. Über die Berechnung des Mineralbestandes der beiden Opdalite vergleiche S. 74, die beiden andern Analysen wurden auf ähnliche Weise berechnet, unter Berücksichtigung ihrer Eigenart.

	Quarz-Biotit- Norit.	Hypersthen- Glimmer-Diorit.	Opdalit.	Opdalit.
Quarz	2,3	12,6	14,0	16,0
Kalifeldspat	2,5 ¹	3,0 ¹	13,0	15,0
Albit	25,3	27,4	30,1	28,0
Anorthit	24,0	21,0	16,0	15,0
Diopsidischer Pyroxen	14,5 ²	8,0	5,2	4,7

¹ Nur eine ganz kleine Menge von Kalifeldspat ist sichtbar, und zwar in Form kleiner Einschlüsse in den Randzonen der Plagioklase. Der Hauptanteil der kleinen errechneten Menge von Kalifeldspat muß dem Plagioklas isomorph beigemischt sein.

² Diallag.

Hypersthen	20,8	9,3	9,3	8,8
Magnetit	2,0		0,5	0,5
Ilmenit	3,2	0,8	1,2	1,2
Biotit	5,0	17,0	10,5	10,0
Apatit	0,7	0,2	0,4	0,4
Magnetkies	0,2	0,1		0,1
Calcit		0,3	0,3	0,1
	100,5	99,7	100,5	99,8

Vergleichen wir die vier Gesteine dieser Reihe, so finden wir, daß die Pyroxene und der Anorthit in den basischen Gliedern angereichert sind, Quarz und Kalifeldspat hingegen in den sauren. Bemerkenswert ist es, wie die Menge des Biotits beim Übergang von Norit zu Diorit zuerst ansteigt, später wieder abnimmt, wobei dann gleichzeitig die Menge des Kalifeldspats plötzlich stark ansteigt.

Es zeigt sich, daß die basischen Gesteine reicher an den älteren Mineralen (Pyroxene und Anorthit) sind, die saureren Gesteine hingegen an den jüngeren Mineralen Quarz und Kalifeldspat. Diese Gesteinsreihe könnte wohl nach dem Prinzip der Krystallisationsdifferentiation¹ erklärt werden.

Die Trennung von Anfangskrystallisation und Restlaugen konnte in unserem Falle unzweifelhaft durch die Schwere erfolgen, indem die ältesten Krystallisationen bedeutend schwerer waren als die gleichzeitigen Restlaugen; man erkennt dies auch an der starken Abnahme des spezifischen Gewichts bei Zunahme des Kieselsäuregehalts (man vergleiche die Tabelle S. 109).

Ob ein Gestein der Reihe, und eventuell welches, als Stammagma der Opdal-Inset-Masse zu betrachten sei, ist nicht ganz leicht zu entscheiden. Der Opdalit kann es nicht sein, da dieser in Bezug auf Kaligehalt selbst ein extremes Glied ist. Am wahrscheinlichsten dürfte die Zusammensetzung des Stammagmas etwa in der Reihe zwischen Quarz-Biotit Norit und Hypersthen-Glimmer-Diorit gesucht werden, wenn man die Mengenverhältnisse der einzelnen Typen berücksichtigt; dies doch nur unter der Voraussetzung, daß nicht etwa in der Tiefe basische Massen stark überwiegen.

Daß die Trondhjemitte der Opdal-Inset-Gegend durch Differentiationsprozesse mit den andern Gesteinen der großen Eruptivmasse verknüpft

¹ Man vergleiche hierüber die schon mehrfach zitierte Arbeit von N. L. BOWEN: The Later Stages of the Evolution of the Igneous Rocks, Journ. of Geology, Suppl. to Vol. 23, No. 8, 1915.

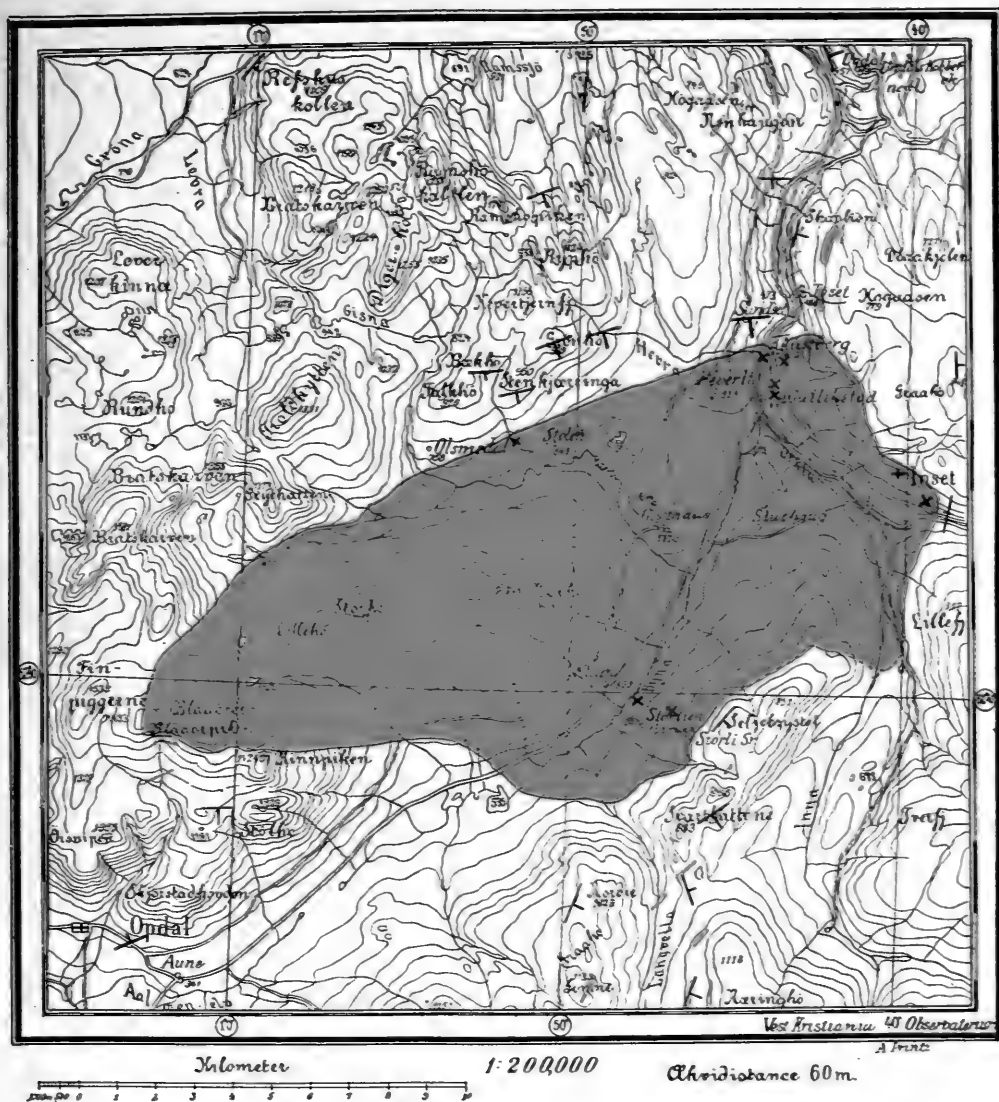
sind, kann keinem Zweifel unterliegen, doch ist es noch nicht sicher bekannt, an welcher Stelle diese neue Differentiationsreihe an die eben behandelte angeschlossen werden muß. Es ist hierbei besonders der merkwürdige Umstand zu beachten, daß der Quotient Kalifeldspat: Plagioklas in den Trondhjemiten so besonders niedrig ist, während die jüngsten Minerale des Opdalits bei Fortsetzung der ersten Reihe eher ein normalgranitisches Endglied erwarten ließen. Vielleicht zweigt die Reihe der Trondhjemite schon bei den Hypersthen-Glimmer-Dioriten ab, deren Kali ganz überwiegend im Biotit gebunden ist, und daher durch Absinken dieses Minerals entfernt werden könnte¹.

Soweit das vorliegende Material bereits Schlüsse gestattet, möchte ich annehmen, daß die Differentiation der Tiefengesteine in der Opdal-Inset-Masse nicht in situ stattgefunden hat, sondern in größerer Tiefe, und daß die einzelnen Gesteinstypen des Gebiets in flüssigem Zustande nacheinander aus einem tieferen Behälter gefördert wurden, der sich in Differentiation (vielleicht Krystallisationsdifferentiation) befand.

Ich möchte keineswegs so weit gehn, zu behaupten, daß die »Krystallisationsdifferentiation« der einzige mögliche oder auch nur der häufigste Mechanismus magmatischer Differentiation ist; der Zweck dieses Kapitel ist nur, zu zeigen, daß die Hypothese der Krystallisationsdifferentiation im Stande ist, die hauptsächlichsten Variationen der Tiefengesteine von Opdal-Inset zu erklären.

¹ Es mag allerdings fraglich erscheinen, ob Biotit absinken würde, doch darf man wohl annehmen, daß die dicken Biotittafeln eines Eruptivgesteines schneller sinken werden als dünne Spaltblättchen.

Geologische Kartenskizze der Eruptivmasse von Opdal—Inset.



Sedimentgesteine
des Trondhjem-
Gebiets mit ein-
geschalteten
grünen Effusiv-
gesteinen.

Pyroxenitnorit,
Norit, Quarz-
Biotit-Norit,
Hypersthen-
Glimmer-Diorit,
Diorit, Opdalit.

Nachgewiesene
Vorkommen
typischen Op-
dalits.

Trondhjemit,
Trondhjemit-
Porphyrit,
Trondhjemit-
Aplit.

GESTEINE VORLÄUFIG UNBEKANNTER STAMMESZUGEHÖRIGKEIT.

Die Eruptionsprovinz von Hitteren und Smölen.

Auf den beiden großen Inseln Hitteren und Smölen südlich der Mündung des Trondhjemsfjords, sowie auf den umgebenden kleineren Inseln finden sich eruptive Gesteine, die gegenüber den bisher behandelten möglicherweise eine gewisse Sonderstellung einnehmen:

Nach der Beschreibung durch J. SCHETELIG¹ findet sich hier eine Eruptionsprovinz genetisch verbundener Gesteine mit reicher Differentiation in basische und saure Typen. Die Reihenfolge der Tiefengesteine ist nach ihm die folgende: 1. Pikrit, Cortlandit und Hornblendit, 2. Hyperit- und Norit-ähnliche gabbroide Typen, 3. Uralitgabbro, 4. Basischer Diorit, 5. Diorit, 6. Quarzdiorit (Tonalit), 7. Hornblendegranit, 8. Granitit. Ferner aschiste und diaschiste Ganggesteine.

Nach der vorliegenden Beschreibung hält es schwer, diese Gesteine mit Sicherheit in einen der drei Stämme einzureihen.

Gegen eine Verknüpfung mit dem Stamme der grünen Gesteine spricht die reiche Differentiation innerhalb der Eruptionsprovinz, zu der wir kein Gegenstück innerhalb der grünen Gesteine kennen. Doch ist eine solche Beweisführung natürlich nicht absolut bindend.

Gegen eine Verknüpfung mit dem Bergen-Jotun-Stamme spricht mit Bestimmtheit das offenbare Fehlen von Labradorfelsen und basischen Mikroperthitgesteinen.

Viel wahrscheinlicher wäre die Zugehörigkeit zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme. Jedoch sollen die Tonalite von Hitteren und Smölen recht verschieden von den typischen Trondhjemiten sein.

Vorläufig habe ich daher von einer definitiven Einreihung dieser Eruptionsprovinz in den Opdalit-Trondhjemit-Stamme abgesehen.

Das Alter der Eruptionsprovinz von Hitteren und Smölen ist ein recht früh kaledonisches, wenn auch jünger als das der grünen Gesteine.

¹ Norsk geologisk tidsskrift, Bd. 2, 1913, No. 10.

Vid.-Selsk. Skrifter, I. M.-N. Kl. 1916. No. 2.

Nach den Untersuchungen von J. SCHETELIG (l. c.), H. REUSCH¹ und O. HOLTEDAHL² finden sich in den Dioriten von Smölen Bruchstücke der »grünen Gesteine«, begleitet von Bruchstücken fossilführender Kalke des obersten Untersilurs.

Anderseits ist, wie REUSCH gezeigt hat (l. c.), das Konglomerat an der Südseite von Hitteren unzweifelhaft jünger als die Tiefengesteine der Eruptionsprovinz, da es deren Bruchstücke enthält. Durch einen Fossilfund REUSCHS ist das Alter der Konglomeratformation mit grosser Wahrscheinlichkeit als jüngstes Obersilur (Downtonian) bestimmt worden.

Die Intrusion und Erstarrung der Tiefengesteine in dieser Eruptionsprovinz, sowie ihre Aufdeckung durch Erosion hat also innerhalb des Obersilurs stattgefunden.

Granite unbekannter Stammeszugehörigkeit an der Westküste (Bømmeløen, Karmøen, Stavanger).

Zu den sicher kaledonischen Gesteinen vorläufig noch unsicherer Stammeszugehörigkeit habe ich auch einige Granite der Westküste gezählt.

Zum Teil liegt dies an der noch unvollständigen Kenntnis dieser Gesteine, zum Teil an ihrem sozusagen »indifferenten« Habitus, der eine Zuordnung zu einem bestimmten Stamme schwierig macht.

Hier wäre zunächst der große Komplex granitoider Gesteine zu erwähnen, der am Süden der Bergen-Bögen beginnt, und auf den Inseln vor der Mündung des Hardangerfjords bedeutende Flächen einnimmt. Zum mindesten ein Teil dieser Granite steht sicherlich in genetischen Beziehungen zum Trondhjemit, der in derselben Gegend vorkommt. Das vorliegende Material reicht aber noch nicht aus, um die Zugehörigkeit aller Granite dieser Gegend zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme festzustellen. Man vergleiche hierüber auch S. 100—103. H. REUSCH³ nimmt in seiner Monographie dieser Gegend an, daß der Granit wahrscheinlich in zeitlicher und genetischer Verknüpfung mit den gabbroiden Gesteinen der Gegend zur Intrusion kam, doch sind zurzeit noch keine bindenden Beweise für eine solche Auffassung vorhanden. Das einzige Sichere ist, daß ein Teil der granitoiden Gesteine zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme gehört.

Das selbe gilt für das große Gebiet von Granit und »Quarzaugneis« von Karmøen.

¹ Norges geol. Unders. Aarb. 1914, No. 4.

² Norges geol. Unders. Aarb. 1914, No. 5.

³ Bømmeløen og Karmøen, 1888.

In großer Zahl sind kaledonische Granite von indifferentem Habitus im Stavanger-Gebiete vertreten und von dort landeinwärts¹. Sie zeichnen sich durch interessante Kontakterscheinungen aus (Bildung von Injektionsgneisen und Albitporphyroblastenschiefern mit den umgebenden Kambrosilursedimenten), die ich später ausführlich beschreiben werde.

Die Granite des Stavanger-Gebiets zeigen in der Regel den gewöhnlichsten Granithabitus. Ihr Feldspat ist teils ein ganz ordinärer Mikroperthit, teils ein saurer Plagioklas. In gepreßten Facies wird der Mikroperthit zu Mikroklin, unter Aufzehrung der Albit-Einlagerungen. Quarz findet sich in reichlicher Menge. Unter den dunklen Mineralen ist Biotit am verbreitetsten, bedeutend seltener findet sich eine dunkelgrüne Hornblende. Über die Verknüpfung dieser Granite mit Trondhjemit-Gesteinen siehe S. 85 und S. 100—103.

Aus meiner, fast fertiggestellten, Publikation über das Stavanger-Gebiet kann ich folgende Analysen solcher Granite anführen:

I. Feinkörniger Granit, Vistnes Fyrlygt, Stavangerhalbinsel, O. RÖER anal. II. Heller Granitaplit, Naversnes, Finnö, Stavanger-Gebiet, O. RÖER anal.

	I	II
SiO ₂	74,56	76,63
TiO ₂	0,16	0,14
Al ₂ O ₃	13,33	12,20
Fe ₂ O ₃	0,52	0,64
FeO	1,07	0,83
MnO	Spur	Spur
MgO	0,28	0,20
CaO	0,90	0,23
BaO	Spur	Spur
Na ₂ O	2,94	3,53
K ₂ O	5,41	4,87
P ₂ O ₅	0,05	Spur
CO ₂	0,18	0,16
S	0,02	0,02
H ₂ O—105°	0,03	0,04
H ₂ O+105°	0,51	0,45
	99,96	99,94

¹ Einige Beobachtungen an einem Teil dieser Granite finden sich in H. KALDHOL, Fjeldbygningen i den nordostlige Del av Rysfylke, Norges geol. Unders. Aarb., 1908, No. 5.

$$\text{Dichte } \frac{20^0}{4^0} = 2,652 \quad 2,629$$

bestimmt von Herrn E. BERNER.

Wie schon früher bemerkt, dürften auch diese Granite der Westküste wahrscheinlich zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme gehören.

Die Decken granitischer Gesteine im Gebiete zwischen Ryfylke und Hemsedalen.

Unter dieser Bezeichnung vereinige ich diejenigen granitischen Gesteine, welche als dislocierte Decken oberhalb der kambrosilurischen Phyllitformation im südwestlichen Norwegen auftreten.

Das kaledonische Alter dieser Granite ist noch umstritten¹, auch sind die Verwandtschaftsbeziehungen zu den drei Hauptstämmen noch unklar.

Einerseits lassen sie sich im Norden ihres Verbreitungsgebiets nicht von den Biotit- und Amphibol-Graniten des Bergen-Jotun-Stammes abtrennen, wobei es aber zweifelhaft ist, ob dies auf wirklicher Verwandtschaft beruht, oder nur eine Konvergenzerscheinung zum gewöhnlichsten Granittypus darstellt. Ebenso wie die Bergen-Jotun-Granite scheinen auch die hier zusammengestellten Granite jünger zu sein, als die gabbroiden Gesteine

¹ Folgende Litteratur kann bezüglich dieser Granite erwähnt werden: K. O. BJÖRLYKKE det centrale Norges Fjeldbygning, Norges geol. Unders. Skr. No. 39, 1905. W. C. BRØGGER, Lagfølgen paa Hardangervidda og den saakaldte Høifjeldskvarts, Norges geol. Unders. Skr. No. 11, 1893, Norges Geologi in „Norge i det nittende Aarhundrede“ (1900) und „Norge 1814–1914“ (1914). V. M. GOLDSCHMIDT, Geol.-petrogr. Studien I u. II, Vid. Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1912, No. 18 u. 19, Konglomeraterne inden Høifjeldskvartsen, Norges geol. Unders. Skr. No. 77, 1916. A. G. HÖGBOM, Fennoskandia, Handbuch d. regionalen Geologie, IV. 3, 1913. H. KALDHOL, Suldalsfjeldene, Norges geol. Unders. Aarb., 1903, No. 3, Fjeldbygningen i den nordøstlige Del av Ryfylke, Norges geol. Unders. Aarb. 1908, No. 5. J. REKSTAD, Fra Fjeldstrøget mellem Haukelid og Hemsedalsfjeldene, Norges geol. Unders. Aarb. 1903, No. 4, Fra Indre Sogn, Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7, Fra Søndhordland, Norges geol. Unders. Aarb. 1908, No. 4, Geologiske lagttagelser fra Nordvestsiden av Hardangerfjord, Norges geol. Unders. Aarb. 1911, No. 2. H. REUSCH, Geologiske lagttagelser fra Telemarken, Indre Hardanger, Numedal og Hallingdal, Vid. Selsk. Forh. 1896, No. 2, Høifjeldet mellem Vangsmjøsen og Tisleia (Valdres), Norges geol. Unders. Aarb. 1900. S. 44–88, REUSCH-REKSTAD-BJÖRLYKKE, Fra Hardangerviddan, Norges geol. Unders. Aarb. 1902, No. 2, H. REUSCH, Voss, Norges geol. Unders. Skr. No. 40, 1905, Tekst til geologisk Kart over Fjeldstrøkene mellem Jostedalbræen og Ringerike, Norges geol. Unders. Skr. No. 47, 1908, Tekst til geologisk Oversigtskart over Søndhordland og Ryfylke, Norges geol. Unders. Skr. No. 64, 1913. A. E. TÖRNEBOHM, Det centrala Skandinaviens Bergbyggnad, Kungl. svenska Vetenskaps-Akad. Handl., B. 28, No. 5, 1896. W. WERENSKIÖLD, Tekst til geologisk Kart over Strøkene mellem Sætersdalen og Ringerike, Norges geol. Unders. Skr. No. 66, 1913.

von Hemsedalen (sie S. 27). Auch ist es bemerkenswert, wie schon J. REKSTAD¹ hervorgehoben hat, daß Gesteine mit dem typischen Mikroperthit der Bergen-Jotun-Granite unter den granitischen Deckmassen nicht selten vertreten sind (zum Beispiel die Granite des Hardanger-Jökuls).

Anderseits stehn aber die granitischen Deckmassen im äussersten Südwesten anscheinend in Verbindung mit den kaledonischen Graniten des Stavanger-Gebiets, welche wiederum Beziehungen zu Trondhjemiten erkennen lassen (vergl. S. 114—116).

In diesem Abschnitt wären auch die »granulitischen« sauren Gesteine des südwestlichen Norwegens zu erwähnen², für welche die näheren Beziehungen zu den drei Hauptstämmen ebenfalls noch unklar sind.

Zu erwähnen wären hier auch die granitoiden Gesteine zwischen den beiden Bergen-Bögen, deren Alter vielleicht kaledonisch sein könnte³. Bei der Unsicherheit dieser Frage habe ich dieses Granitgebiet vorläufig nicht in die Übersichtskarte eingetragen.

Die Augengneise in der Umrahmung des Trondhjem-Gebiets.

Unter dieser Bezeichnung können wir eine Anzahl granitoider Gesteine zusammenfassen, die wahrscheinlich eine eng zusammengehörige⁴, genetisch verbundene Gruppe bilden, deren Beziehungen zu den andern Eruptivgesteinen des Gebirges jedoch noch wenig geklärt sind.

Die Vorkommen dieser Gesteine sind auf der Übersichtskarte mit iener besonderen Bezeichnung dargestellt, zum großen Teil nach den Angaben von K. O. BJÖRLYKKE in seiner Monographie des zentralen Norwegens, zum Teil nach H. REUSCH, A. E. TÖRNEBOHM und J. SCHETELIG, zum Teil nach eigenen Beobachtungen.

Kurze petrographische Beschreibung.

Die Augengneise bestehn primär wesentlich aus Feldspaten, Quarz und Biotit. Die Feldspate sind teils (herrschend) ein Kalifeldspat (Mikroperthit oder Mikroklin), teils saurer Plagioklas (Albit bis Oligoklas), letzterer

¹ Siehe J. REKSTAD, Norges geol. Unders. Aarb. 1907, No. 1, 1909, No. 1, 1911, No. 2.

² Siehe Note auf voriger Seite, sowie die soeben zitierten Publikationen von J. REKSTAD.

³ Siehe J. REKSTAD, Norsk geol. Tidsskr., Bd. I, 1910, No. 13, S. 41, C. F. KOLDERUP, Bergens Mus. Aarb. 1914/15, No. 8.

⁴ Unsicher ist nur die Zugehörigkeit der Gneise von Koppang, welche ich auf der Übersichtskarte vorläufig mit den andern Augengneisen vereinigt habe.

meistens saussuritisiert. Als Sekundärbildungen finden sich Klinozoisit-Epidot, Chlorit und Muskovit. Accessorische Gemengteile sind Orthit, Titan-eisen und Zirkon, samt Titanit. Das Titaneisen ist meist zu Leukoxen umgewandelt.

Die Struktur ist in einigen Fällen eine grobe, etwas porphyrtige, Granitstruktur, viel häufiger ist eine ausgesprochene Augenstruktur, hervor-gebracht durch Kataklyse, vielleicht auch Protoklyse, der Grundmasse, in welcher dann große augenförmige Feldspate liegen.

Für eine protoklastische Entstehung der Augenstruktur spricht die Größe und oft ausgezeichnete Erhaltung der großen Feldspat-Augen, ebenso deren Beschaffenheit. Die Augen bestehen nämlich fast immer aus einem einzigen Feldspatkrystall, oder richtiger zwei Individuen in Karlsbader-stellung, deren Größe sehr oft 3—10 cm. erreicht. Die Augen bestehen aus Mikropërthit (mehr oder weniger mikroklinisiert), oft mit einem prachtvollen Mantel von Oligoklas in paralleler Umwachsung (Rapakivi-Augen). Man kann dies besonders an den Augengneisen im Tal der Driva an der neuen Bahnlinie über das Dovrefjeld studieren, wo durch den Bahnbau prächtige Aufschlüsse geschaffen sind.

Selbstverständlich finden sich auch ganz sichere kataklastische Erschei-nungen an den Augengneisen, besonders deutlich sichtbar an der Zer-trümmerung und Auswalsung der Feldspat-Augen.

Um einen Anhaltspunkt für die Gauverwandschaft dieser Gesteins-gruppe zu erhalten, ließ ich eine Alkalibestimmung an einem Porphy-granit aus der Augengneismasse unmittelbar nördlich Drivstuen an der oben erwähnten Bahnlinie ausführen. Herr Chemiker O. RÖER fand:

Na ₂ O	2,94	K ₂ O	4,57
-------------------	------	------------------	------

Eine nähere Verwandschaft mit den Trondhjemiten läßt sich aus dieser Analyse nicht folgern.

Gegen eine nähere Beziehung zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme könnte auch folgende Betrachtungsweise geltend gemacht werden. Kali-reiche Granite des Opdalit-Trondhjemit-Stammes sollten nach der üblichen Differentiationsregel jünger sein als die Trondhjemite (vergl. S. 103). Nun sind die Augengneise jedenfalls älter als die jungen Trondhjemite, da sie in weit stärkerem Grade an den gebirgsbildenden Bewegungen teil-genommen haben. Doch kann dieser Betrachtung natürlich keine absolute Beweiskraft zugeschrieben werden, um so mehr als sie nur auf die jüngeren Trondhjemite Bezug hat.

Das geologische Auftreten und Alter der Augengneise.

Die Augengneise bilden zu beiden Seiten des Trondhjem-Gebiets plattenförmige Massen, welche der Schichtung der umgebenden Sedimente konkordant sind. Sie sind teils den grobklastischen Sedimenten der eokambrischen Sparagmitformation eingeschaltet, teils liegen sie an der Grenze zwischen der Sparagmitformation und den überlagernden Röroschiefern, teils an der Grenze des Urgebirges gegen die eokambrisch-kambrosilurische Schichtenreihe.

Die Augenstruktur ist gewöhnlich an der Ober- und Unterseite der Platten besonders ausgeprägt, ebenso die sicher kataklastischen Erscheinungen. In der Mitte trifft man dagegen öfters mehr normalstruierte granitische Gesteine.

Bezüglich des Alters sind zwei, prinzipiell verschiedene Anschauungen möglich. Erstens die Augengneise seien überschobenes Urgebirge, eine Auffassung, die von A. E. TÖRNEBOHM¹ vertreten wurde. Zweitens sie seien Intrusivgesteine jüngeren Alters als die umgebenden Sedimente, eine Deutung, die von K. O. BJÖRLYKKE² aufgestellt wurde.

In geologisch-tektonischer Beziehung stehn sich beide Auffassung nicht derart diametral gegenüber, wie man vielleicht denken könnte, denn auch bei jüngerem Alter der Augengneise dürfte ihr Intrusionsniveau meist eine geologische Bewegungsfläche darstellen, auf der das Hangende der Augengneise gegenüber dem Liegenden verschoben wurde und zwar von der Innenseite des Gebirges gegen die Außenseite. Die Augengneise hätten demnach als eine Art Wasserkissen gewirkt, auf dem das Hangende bei seiner Bewegung zum Teil geschwommen hat. Die Augenstruktur wäre dann eine teils proto-teils kata-klastische Erscheinung, welche aus der Lage der Intrusion in einer listrischen Fläche folgte³. Zum Teil kann sie vielleicht auch auf Injektionserscheinungen in die krystallinen Schiefer des Nebengesteins beruhen.

Unzweifelhafte Kontaktmetamorphose ist an den Grenzen der Augengneise noch nicht beobachtet worden, doch zeigt sich öfters eine Zunahme der Regionalmetamorphose in ihrer Umgebung⁴. Gänge von Augengneis

¹ Det centrala Skandinavien Bergbyggnad 1896.

² Det centrale Norges Fjeldbygning 1905.

³ Diese Auffassung der Augengneise habe ich auch an anderer Stelle mitgeteilt, siehe Geol. Fören. i Stockh. Förh. Bd. 36, 1914, S. 22.

⁴ Man vergleiche die Karte der Regionalmetamorphose (in des Verf. Geol. petr. Studien III, Tafel II) mit meiner Karte der Eruptivgesteine.

im Nebengestein der großen Platten wurden an mehreren Orten beobachtet¹, doch ist es bei der Zertrümmerungsstruktur der Augengneise schwer, wenn nicht unmöglich, zu beweisen, daß es sich nicht um eingefaltete Partien handelt.

Eine entscheidende Stellungnahme bezüglich des Alters der Augengneise ist demnach noch nicht möglich, doch ist es wohl am wahrscheinlichsten, daß sie kaledonische Intrusivgesteine sind, entsprechend BJÖR-LYKKES Auffassung.

¹ Sie z. B. des Verf. Das Devongebiet am Røragen bei Røros, Vid.-Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1913, No. 9. S. 8.

POSTKALEDONISCHE ERUPTIVGESTEINE IM FALTENGEBIRGE.

I. Ausläufer der postkaledonischen Kristiania-Eruptive im Faltengebirge.

Im südöstlichen Vorlande des kaledonischen Faltengebirges liegt der Bruchgraben des Kristiania-Gebiets mit dem berühmten Stamme postkaledonischer Alkaligesteine. Gangmassen des Kristiania-Stammes findet man auch in der näheren Umgebung des Bruchgrabens, einige wenige auch in weiterem Umkreis. So reichen auch einzelne Gänge bis in das eigentliche kaledonische Gebirge hinein und nähern sich hiermit den Verbreitungsgebieten der eigentlichen Gebirgs-eruptive.

Hierher ist wohl das Ganggestein von Tonsaasen zu stellen, welches ich vor einigen Jahren als Gangdiorit beschrieben habe¹, welches ich jetzt jedoch lieber als grobkörnigen Gangdiabas auffassen möchte.

Das Gestein erinnert in Mineralbestand und Struktur sehr an manche grobe Diabase des Kristiania-Gebiets. Der Tonsaasen-Gang ist unzweifelhaft jünger als die kaledonische Faltung des Gebiets, an seiner Grenze ist eine schmale Hornfelszone in den gefalteten Gesteinen gebildet.

II. Andere postkaledonische Eruptive.

Vielerorts im Faltengebirge kennt man Gänge unfrischer Diabasgesteine, welche jünger sind, als die kaledonische Gebirgsbildung. Als Beispiel sei das Stavanger-Gebiet erwähnt.

Einige wenige Gangvorkommen tragen ein neovulkanisches Gepräge. Hier sei zunächst auf die von REUSCH² entdeckten Basaltgänge an der Küste des südwestlichen Norwegens erinnert. Schmale Gänge eines nicht

¹ Geologiske Iagttagelser fra Tonsaasen i Valdres. Norges geol. Unders. Aarb. 1909, No. 3.

² Bommeloen og Karmoen, 1888.

näher studierten glasigen Gesteins finden sich auch in den metamorphen Schieferen bei Fokstuen, Dovrefjeld.

Einen losen Stein eines Augitandesits von neovulkanischem Habitus fand ich 1912 bei der Anhöhe Smörkollen, südlich des Sees Bygdin am Rande von Jotunheimen. Es gelang mir nicht, das Gestein auch anstehend nachzuweisen; es wäre möglich, daß es sich nur um einen außergewöhnlich gut erhaltenen Gangbegleiter der Jotuneruptive handelt (vergleiche auch S. 53).

Hier wäre vielleicht auch ein eigentümliches tuffartiges Gestein unbekannter Alters zu erwähnen, welches durch H. REUSCH¹ aus dem östlichen Teil des Trondhjem-Gebiets (Lövvöla, Rektangelblatt Stuesjö) beschrieben wurde. Auch ich hatte Gelegenheit, einen Dünnschliff dieses Gesteins zu untersuchen; es ist nur wenig oder nicht metamorph, sehr im Gegensatz zu den präkaledonischen Gesteinen derselben Gegend.

¹ Geologiske lagttagelser fra Strøget nord for Fæmundsjøen, Vid.-Selsk. Forh. 1896, No. 1, S. 31.

ALLGEMEINES.

Über die Möglichkeit von Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den drei Hauptstämmen der Eruptivgesteine im Faltegebirge.

Sowohl in petrographischer wie in geologischer Beziehung ist es eine sehr wichtige Frage, ob zwischen den drei Stämmen der Eruptivgesteine in unserem Gebiet genetische Beziehungen vorhanden sind, oder nicht.

Es wäre naheliegend, solche Verwandtschaftsbeziehungen für wahrscheinlich zu halten, da ja alle drei Stämme an dasselbe Gebirge geknüpft sind, und auch in Bezug auf Eruptionszeit keine weite Trennung aufweisen, wie folgendes Schema andeutet (man vergl. S. 19—21, 57—59). Zum Vergleiche ist auch der Alkalistamm der Kristiania-Gesteine angeführt.

<i>Stamm der grünen Gesteine.</i>	<i>Bergen-Jotun-Stamm.</i>	<i>Opdalit-Trondhjemit-Stamm.</i>	<i>Kristiania-Stamm.</i>
Oberstes Untersilur und unteres Obersilur, im Trondhjem-Gebiet vielleicht schon unteres Untersilur.	Wahrscheinlich Obersilur (man vergleiche S. 57—59).	Obersilur, wahrscheinlich größtenteils allerjüngstes Obersilur. Zum Teil vielleicht an der Grenze zwischen Obersilur und Devon ¹ , jedenfalls alle älter als Mitteldevon (Eruptionsprovinz von Hitteren und Smölen zwischen o erstem Untersilur und Downtonian).	Postdowntonian, wahrscheinlich größtenteils devonisch.

I.

Zunächst wollen wir die Frage erörtern, ob irgendwelcher näherer Zusammenhang zwischen dem Stamm der grünen Gesteine und dem der Bergen-Jotun-Eruptive nachweisbar ist.

Schon von KOLDERUP² wurde die Frage diskutiert, ob zwischen den Saussuritgabbros des Bergen-Gebiets und den Labradorfelsen derselben

¹ Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes in Schottland sind jünger als Ludlow, man vergleiche das folgende Kapitel.

² Bergens Mus. Aarb. 1903, No. 12.

Gegend eine nähere Verwandtschaft besteht. Er möchte verwandtschaftliche Beziehungen für wahrscheinlich halten, einerseits gestützt auf gewisse Ähnlichkeiten im Chemismus (hoher Gehalt der Gabbros an Tonerde und Kalk) anderseits mit Rücksicht auf das ähnliche geologische Auftreten. Aber derselbe Verfasser giebt auch die Möglichkeit zu, daß diese Beziehungen zufälliger Art sein könnten.

Die Frage ist eine schwierige, mir erscheint besonders der Umstand schwerwiegend, daß die Verbreitungsgebiete beider Gesteinsstämme, im großen gesehen, keineswegs zusammenfallen. So sei nur auf das vollständige Fehlen aller Bergen-Jotun-Gesteine im Trondhjem-Gebiet hingewiesen, wo doch die grünen Effusiv- und Intrusivgesteine aufs Reichste vertreten sind. Gegen eine Verknüpfung spricht auch der einförmige Habitus der Ergußgesteine im letztgenannten Stamme, vergleichen mit der großen Mannigfaltigkeit der Differentionsprodukte innerhalb des Bergen-Jotun-Stammes.

Jedenfalls finden sich in dem vorliegenden Tatsachenmateriale keinerlei zwingende Beweise für eine Zusammengehörigkeit beider Eruptivstämme.

II.

Ferner könnte die Möglichkeit einer Verwandtschaft vorliegen zwischen dem Stamm der Bergen-Jotun-Gesteine einerseits, dem Opdalit-Trondhjemit-Stamm anderseits. Die Möglichkeit verwandtschaftlicher Beziehungen zwischen diesen beiden Stämmen wurde zuerst von BRÖGGER¹ angedeutet, welcher eine geologische Verknüpfung des »Jotungabbros« und der »weißen Granite« annahm.

KOLDERUP² diskutiert eingehend die Frage nach den Verwandtschaftsbeziehungen zwischen manchen »weißen Graniten« des Bergen-Gebiets und den dortigen Labradorfelsen, und möchte ihre Verwandtschaft für wahrscheinlich halten, hebt jedoch hervor, daß sich vorläufig noch keine zwingende Beweise für eine Zusammengehörigkeit erbringen lassen.

J. REKSTAD³ hält den Plagioklasreichtum der »weißen Granite« von Indre Sogn für ein Kennzeichen petrographischer Verwandtschaft mit den Labradorfelsen.

Auch ich möchte die Möglichkeit verwandtschaftlicher Beziehungen zwischen den beiden Gesteinsstämmen nicht ohne weiteres in Abrede stellen. Man darf aber nicht vergessen, daß neben den Gründen, welche

¹ Om Jotunstenens Alder, Vid.-Selsk. Forh. 1898.

² Bergens Mus. Aarb. 1993, No. 12, S. 125–127.

³ Norges geol. Unders. Aarb. 1905, No. 7.

zu Gunsten solcher Beziehungen sprechen, auch schwerwiegende Gegenstände vorhanden sind. Im folgenden werde ich einige der wichtigsten Argumente, welche hier in Frage kommen, kurz zusammenstellen.

Für eine genetische Verknüpfung sprechen:

1. Das gemeinsame Vorkommen von Vertretern beider Stämme in manchen Gebieten (Trondhjemitgänge in gabbroiden Bergen-Jotun-Gesteinen von Hindsæter und Murudalen, dieselben Gänge in Labradorfelsen des Bergen-Gebiets, vor allem aber die großen Trondhjemitmassen von Indre Sogn, mitten im Hauptverbreitungsgebiet des Bergen-Jotun-Stammes).
2. Das gemeinsame Auftreten von Granulitfacies beider Stämme im Gebiete von Hedalen.
3. Die offenbare Ähnlichkeit im Mineralbestand und Chemismus zwischen dem Opdalit einerseits, manchen Jotun-Noriten anderseits. Ferner die schon in der früheren Literatur hervorgehobene Analogie der Labradorfelse und Trondhjemite, welche beide Plagioklasgesteine sind.
4. Endlich könnte man noch zum Vergleiche die Gesteine der Eruptionsprovinz von Ekersund—Soggendal heranziehen. Hier finden sich in geologischer Verknüpfung mit Labradorfelsen, Mangeriten, Hypersthen-Mikroperthitgraniten (Birkremiten) auch Gesteine, welche von KOLDERUP als Hypersthenadamellite bezeichnet werden und deren Chemismus nach einer von KOLDERUP veröffentlichten Analyse manche Ähnlichkeit mit dem der Trondhjemite aufweisen soll¹.

Gegen eine genetische Verknüpfung beider Stämme sprechen folgende Tatsachen: Verglichen mit den seltenen gemeinsamen Intrusionsgebieten beider Stämme sind diejenigen Gebiete sehr groß, in welchen nur Vertreter eines Stammes auftreten. Im Trondhjem-Gebiet, wo Trondhjemite allverbreitet sind (man vergleiche die Karte) fehlen Labradorfelse anscheinend ganz, ebenso die Hypersthengranite. Ebenso sind in den allermeisten Teilen von Jotunheimen Trondhjemit-Gänge eine große Seltenheit, sehr im Gegensatz zu den Gängen von Bergen-Jotun-Graniten verschiedenster Typen.

Wir können das Resultat unserer Diskussion folgendermaßen zusammenfassen: Falls eine genetische Verknüpfung zwischen Bergen-Jotun-Gesteinen und Opdalit-Trondhjemit-Gesteinen vorliegen sollte, was jedoch

¹ Bergens Museums Aarb. 1896, No. 5, S. 115. In Bezug auf Mineralzusammensetzung steht dieser Hypersthenadamellit den Trondhjemiten recht fern, trotz der Ähnlichkeit der vorliegenden Bauschanalyse. Er enthält als herrschenden Feldspat einen Mikroperthit mit Oligoklasspindeln, einen Feldspat, der in den Trondhjemiten noch nie beobachtet wurde. Auch in struktureller Beziehung ist keine Ähnlichkeit vorhanden.

zur Zeit noch nicht beweisbar ist, so dürften doch die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen beiden Stämmen schwächere sein, als diejenigen innerhalb je eines der Stämme.

III.

Endlich müssen wir noch die Möglichkeit ins Auge fassen, daß zwischen den grünen Laven und Intrusiven einerseits, dem Opdalit-Trondhjemit-Stamme anderseits, ein näherer Zusammenhang genetischer Art bestehen könnte.

Es gibt starke Gründe, die für eine solche Verknüpfung sprechen.

1. Manche Gabbrogesteine, welche (wohl mit Recht) dem Stamme der grünen Gesteine zugezählt worden sind, werden von zahlreichen Trondhjemit-Aplit-Gängen durchadert (Saussuritgabbros des Bergen-Gebiets nach KOLDERUP¹, ähnliches berichtet REUSCH² von den Inseln an der Mündung des Hardangerfjords).
2. Die sauren Effusivgesteine von Bömmeløen, welche nach REUSCH mit den grünen Laven geologisch verknüpft sind, dürften nach Dünnschliffen, welche ich untersucht habe, teilweise oder vielleicht alle einen trondhjemitischen Chemismus aufweisen.
3. Nach den Beobachtungen von REUSCH erschiene es wohl denkbar, daß die basischen Intrusiva desselben Gebiets (welche ich den grünen Gesteinen zugezählt habe) und die benachbarten sauren Intrusiva (welche mindestens teilweise zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme gehören) miteinander genetisch verknüpft seien.
4. Es ist auch ein bemerkenswerter Umstand, daß die magmatischen Vorkommen von Schwefelkies-Kupferkies an die basischen Gesteine beider Stämme geknüpft sind (vergl. S. 8 u. S. 66), auch Fig. 2, S. 128.
5. Sehr bemerkenswert ist es, daß im südlichen Norwegen die Verbreitungsgebiete der grünen Laven und Intrusiva einerseits, der Opdalit-Trondhjemit-Gesteine anderseits, näher übereinstimmen als die Verbreitungsgebiete je zwei anderer Stämme. Auch dieser Umstand könnte zu Gunsten näherer Beziehungen gedeutet werden.

Gegen eine nahe Zusammengehörigkeit der grünen Gesteine und des Opdalit-Trondhjemit-Stammes spräche jedoch der Umstand, daß diese Coincidenz anscheinend nicht über das *ganze* Verbreitungsgebiet der grünen Gesteine zutrifft. Die grünen Gesteine erstrecken sich nach Südwesten unzweifelhaft bis Wales, wo hingegen Trondhjemite und andere typische Vertreter des Opdalit-Trondhjemit-Stammes anscheinend ganz fehlen.

¹ Bergens Museums Aarb., 1903, No. 12, 1914–15, No. 8.

² Bömmeløen og Karmøen.

Nach dem vorliegenden Material möchte ich es somit für *möglich* halten, daß eine genetische Beziehung zwischen beiden Stämmen bestehen könnte. Falls man der näheren zeitlichen Aufeinanderfolge besondere Bedeutung zuschreibt, sollte man genetische Verknüpfung insbesondere zwischen den grünen Gesteinen und den »ältesten Gesteinen der Trondhjemit-Gruppe« vermuten.

Man kann somit wohl sagen, daß starke Gründe für eine genetische Verknüpfung beider Stämme geltend gemacht werden können, ohne daß jedoch diesen Gründen eine ganz überzeugende Beweiskraft beigelegt werden kann.

Zusammenfassung.

Die Möglichkeit verwandtschaftlicher Beziehungen zwischen den drei Stämmen der Eruptivgesteine im kaledonischen Gebirge des südlichen Norwegens liegt vor. Solche verwandtschaftlichen Beziehungen sind aber bis jetzt in keinem der drei denkbaren Fälle *sicher* festgestellt. Falls solche Verwandtschaftsbeziehungen (Consanguinity) zwischen den drei Stämmen vorhanden sein sollten, so ist doch der Grad der gegenseitigen Verwandtschaft wahrscheinlich ein geringerer als zwischen den verschiedenen Gesteinen je eines Stammes.

Am größten wäre noch die Wahrscheinlichkeit für die Existenz von Stammverwandtschaft in dem unter III behandelten Falle (grüne Laven und Intrusivgesteine einerseits, Opdalit-Trondhjemit-Gesteine anderseits).

Neue Aufschlüsse über die gegenseitigen Verwandtschaftsbeziehungen der drei Stämme sind vielleicht zu erwarten, wenn die Gesteine noch unbekannter Stammeszugehörigkeit (siehe S. 113—120) näher untersucht werden.

Auch die Bearbeitung der nordnorwegischen Eruptivgesteine, welche in vieler Beziehung Analogien mit den südnorwegischen aufweisen, wird wohl neues Licht auf die noch ungelösten Probleme werfen können (man vergleiche das Kapitel über die Eruptivgesteine in andern Teilen des kaledonischen Gebirges, weiter unten).

Ähnlichkeiten und Unterschiede der drei Stämme von Eruptivgesteinen im kaledonischen Gebirge des südlichen Norwegens.

Allen drei Stämmen gemeinsam ist das Auftreten von gabbroiden Tiefengesteinen und deren basischen Differenzierungsprodukten (Pyroxenite, Peridotite und Sulfidmagmen).

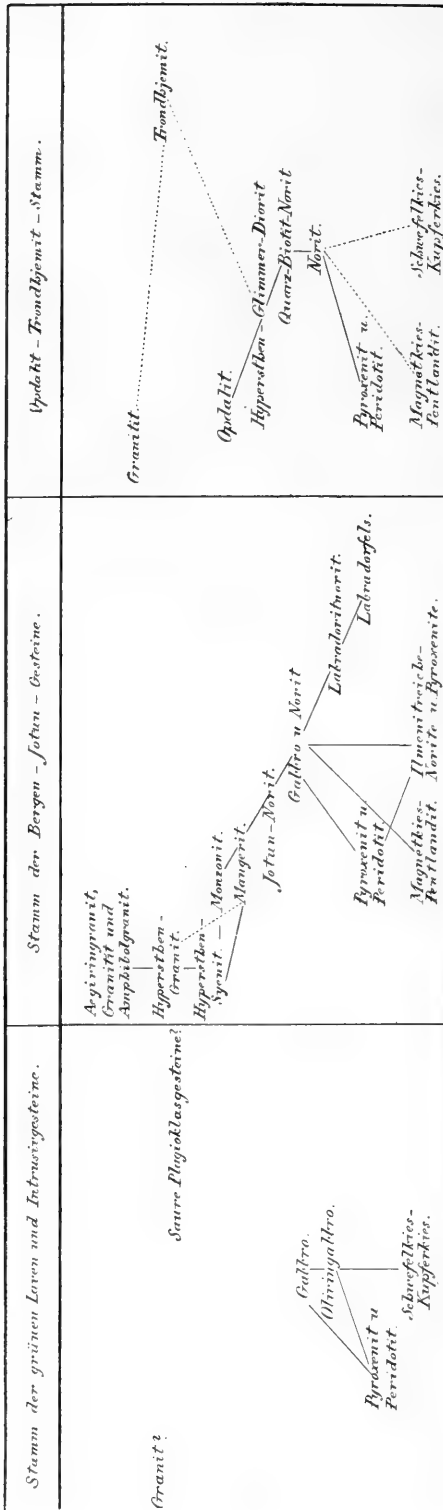


Fig. 2.

Intermediäre und saure Gesteine sind nur in zwei Stämmen *sicher* bekannt (Bergen-Jotun-Stamm und Opdalit-Trondhjemit-Stamm), dürften aber auch im Stamme der grünen Gesteine vertreten sein (so zum Beispiel durch manche saure Granulite der Folgeforn-Halbinsel, vergl. S. 13). Auch die sauren Effusivgesteine von Bømmeløen (vergl. S. 7) dürften wahrscheinlich mit dem Stamme der grünen Gesteine verknüpft sein.

Ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen dem Stamm der Bergen-Jotun-Gesteine und dem Opdalit-Trondhjemit-Stamm besteht in der Art der Verwachsungen zwischen Kalifeldspat und Plagioklas. Während zahlreiche Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes durch das Auftreten von Mikroperthit aus Kalifeldspat und *kalkhaltigem* Plagioklas gekennzeichnet sind, fehlen solche Feldspatverwachsungen den Opdalit-Trondhjemit-Gesteinen, in welchen wir Perthitverwachsungen nur zwischen Kalifeldspat und *Albit* antreffen. Dieser Unterschied hat seinen Grund in einem verschiedenen Krystallisationsverlauf in den Gesteinen beider Stämme. In Gesteinen des Bergen-Jotun-Stammes kommt der Kalifeldspat relativ frühzeitig zur Krystallisation, im Opdalit-

Trondjemit-Stamme dagegen erst sehr spät. Daher krystallisiert der Kalifeldspat im Stamme der Bergen-Jotun-Gesteine gleichzeitig mit einem noch kalkhaltigen Plagioklas, im Opdalit-Trondhjemit-Stamme dagegen zusammen mit den letzten, fast rein albitischen Plagioklasanteilen. Im Stamme der Bergen-Jotun-Gesteine bietet sich somit eine Gelegenheit zur Bildung kalkhaltiger Mikroperthite, eine Gelegenheit, welche den Opdalit-Trondhjemit-Gesteinen fehlt.

Die voranstehende Zusammenstellung der Intrusivgesteine innerhalb der drei Stämme läßt erkennen, inwiefern die Stämme analog oder verschieden entwickelt sind.

Auf der schematischen Figur sind analoge Gesteine der drei Stämme in analoger Weise placiert, um die Übersicht zu erleichtern. Die wichtigsten Gesteinsreihen, welche offenbar den Verlauf der magmatischen Differentiationsvorgänge andeuten, sind durch ausgezogene Striche bezeichnet: soweit solche Reihen noch fraglich erscheinen, sind sie durch unterbrochene Striche dargestellt.

Im großen und ganzen zeigen die Tiefengesteine der drei Stämme eine vortreffliche Bestätigung von BRÖGGERS Gesetz des Parallelismus zwischen Krystallisationsfolge und Differentiation, ebenso zwischen Krystallisationsfolge und Erstarrungsreihenfolge der Gesteine. Wir finden, daß die Gesteinsreihenfolge innerhalb der einzelnen Stämme, soweit sie bekannt ist, mit basischen Gesteinen beginnt, mit sauren Gesteinen abschließt. Nur eine merkwürdige Ausnahme widerspricht dieser Regel, nämlich das Alter der Labradorfelse, verglichen mit den Gabbros und Noriten im Bergen-Jotun-Stamme. Man sollte erwarten, daß Labradorfelse ebenso wie Peridotite und Pyroxenite es tun, in der Erstarrungsreihenfolge den gabbroidalen Gesteinen vorangehn sollten, doch verhält es sich tatsächlich umgekehrt (vergl. S. 54). Ich kann vorläufig keine plausible Erklärung für diese merkwürdige Ausnahme finden.

Zu Untersuchungen über den Verlauf der magmatischen Differentiation eignen sich besonders die zwei reich entwickelten Stämme, der Bergen-Jotun-Stamm und der Opdalit-Trondhjemit-Stamm.

Ich habe an mehreren Stellen dieser Abhandlung gezeigt, wie sich einzelne Eigentümlichkeiten der beschriebenen Gesteine durch den Vorgang der Krystallisationsdifferentiation¹ erklären lassen (vergl. S. 31 u. 91—93) und wie man sich vom Standpunkte derselben Theorie die Entstehung mancher Gesteinsreihen vorstellen könnte (vergl. S. 110—112).

¹ Man vergleiche hierüber N. L. BOWEN, The Later Stages of The Evolution of the Igneous Rocks, Journ. of Geology, Suppl. to Vol. 23, No. 8, 1915.

Ich möchte aber bemerken, daß mir das vorliegende Material noch keineswegs ausreichend erscheint, um das schwierige Problem der magmatischen Differentiation im allgemeinen zu behandeln. Auch wenn es sich zeigen sollte, daß die fraktionierte Krystallisation ein wichtiger Faktor bei der Entstehung vieler differenzierter Gesteine sein sollte, so ist damit noch nicht die Möglichkeit ausgeschlossen, daß auch noch andere Arten der Differentiation in Frage kommen könnten.

Bezüglich der Frage nach dem Unterschiede der Kalk-Alkali-Gesteine und der Alkali-Gesteine liefern die hier behandelten Gesteinsstämme manche Beiträge. Nach ihrem allgemeinen Habitus gehören alle drei Stämme des Gebirges offenbar zur Kalk-Alkali-Reihe, unterscheiden sich hierdurch scharf von dem Alkali-Stamm des Kristiania-Bruchgrabens. Um so bemerkenswerter ist es jedoch, als ein extremes Glied des Bergen-Jotun-Stammes (eines Anorthosit-Charnokit-Stammes) ein so typisches Alkali-Gestein wie den Ägiringranit anzutreffen. Es ist dies offenbar ein neuer Beweis für die in letzter Zeit öfters hervorgehobene Tatsache, daß die Trennung von Alkali-Stämmen und Kalk-Alkali-Stämmen keine *ganz scharfe* ist, daß typische Vertreter beider Gesteins-Sippen aus einem gemeinsamen Magma abstammen können.

Ich möchte aber bestimmt hervorheben, daß es nach meiner Meinung zu weit geht, diese immerhin nicht häufigen Fälle zu verallgemeinern und überhaupt die wesentlichen Unterschiede zwischen den meisten Alkali-Stämmen und den meisten Kalk-Alkali-Stämmen abzuleugnen. Gerade ein Vergleich zwischen den Kalk-Alkali-Stämmen des kaledonischen Faltengebirges und des Alkali-Stammes des benachbarten Kristiania-Bruchgrabens wäre zur Demonstration der Unterschiede geeignet. Eben das Vorkommen *vollständiger* Alkali-Stämme, wie desjenigen im Kristiania-Gebiet zeigt, daß den Alkali-Gesteinen eine gewisse systematische Selbständigkeit zukommt.

Ich möchte glauben, daß man ganz im allgemeinen, bei einer genetischen Einteilung der Eruptivgesteine, zu einer Aufstellung verschiedener Gruppen von Stämmen gelangen wird (mehrere Arten Alkali-Stämme, Stämme vom Bergen-Jotun-Typus, Stämme vom Opdalit-Trondjemit-Typus und noch andere). Ich möchte glauben, daß H. ROSEBUSCH bei seiner Abfassung der »Mikroskopischen Physiographie« nicht weit von einer solchen Auffassung entfernt gewesen ist, als er neben den Alkali-Gesteinen und Kalk-Alkali-Gesteinen auch noch die Reihe der Anorthosit-Charnokit-Gesteine als eine dritte gleichgeordnete Hauptreihe angedeutet hat.

Es ist eine in geologischer und petrographischer Beziehung äußerst wichtige Frage, ob die drei Stämme von Eruptivgesteinen im kaledonischen Gebirge des südlichen Norwegens in *letzter* Instanz wirklich drei verschiedenen Magmen entstammen, oder ob sie durch verschiedenen Differenzierungsverlauf aus ein und demselben Urmagma entstanden sind. Es dürfte schwierig sein, schon jetzt in eine Diskussion dieser *letzten* Fragen einzutreten, so lange nicht die strittigen Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den drei Stämmen geklärt sind (man vergl. S. 123—127). Falls eine genetische Verwandtschaft zwischen den drei Stämmen vorliegen sollte, müßten sie zu einer Einheit höherer Ordnung zusammengefaßt werden.

Ein denkbarer Weg zur Lösung dieser Frage wäre die Berechnung der drei einzelnen Stammmagmen aus Zusammensetzung und Verbreitung der einzelnen Stammesmitglieder. Ich habe jedoch von einer solchen Berechnung abgesehen, da noch nicht alle Grundlagen hierzu vorhanden sind (Unsicherheit der Stammeszugehörigkeit mancher Gesteine, vergl. auch S. 55 oben).

Ich hoffe bei späterer Gelegenheit auf dasselbe Problem zurückkommen zu können.

Vergleich mit den Eruptivgesteinen in andern Teilen des kaledonischen Gebirges.

Es ist von Interesse, auch andere Teile des kaledonischen Gebirgszuges auf das Vorkommen analoger Eruptivgesteine zu untersuchen.

Nach Norden hin dürften alle drei Eruptivstämme fortsetzen. Zunächst in den nördlichen Teilen des Trondhjem-Gebiets der Stamm der grünen Gesteine, sowie der Opdalit-Trondhjemit-Stamm¹.

Weiter im Norden könnte in den grünen Gesteinen von Sulitjelma vielleicht ein Analogon der grünen Intrusivgesteine vorliegen.

Nach den Beschreibungen, welche von schwedischer Seite vorliegen (A. HAMBERG², A. GAVELIN³) sind Bergen-Jotun-Gesteine unzweifelhaft auf der schwedischen Seite des Gebirges vertreten. Auf norwegischem Gebiet finden wir Bergen-Jotun-Gesteine in reicher Mannigfaltigkeit in der großen

¹ Interessant ist das Vorkommen von Nikkel-Magnetkies-Massen in Verknüpfung mit Norit in Værdalen. Der Norit gehört wahrscheinlich zum Opdalit-Trondhjemit-Stamme.

² A. HAMBERG: Geol. Fören. i Stockh. Förh., Bd. 32, 1910, S. 681 u. Bd. 37, 1915, S. 119.

³ A. GAVELIN: Geol. Fören. i Stockh. Förh., Bd. 37, 1915, S. 18—21.

Eruptionsprovinz von Lofoten-Vesteraalen, deren Analogie mit südlicheren Bergen-Jotun-Eruptionsprovinzen längst bekannt ist. Ich brauche hier nur die neueste Beschreibung zu zitieren, wo auch die ältere Litteratur mitgeteilt wird¹.

Die eigentümlichen Gesteine von Langöen, welchen TH. VOGT vorläufig einen Platz zwischen den Dioriten und den Monzoniten zuweist, scheinen sowohl in chemischer Beziehung wie im Mineralbestande dem Opdalit nahe zu stehn (l. c. S. 15—18). Der näheren Beschreibung dieses Eruptivgebiets darf man gewiß mit größtem Interesse entgegensehen, da sie vielleicht eine Entscheidung über die fraglichen Verwandtschaftsbeziehungen zwischen dem Bergen-Jotun-Stamme und dem Opdalit-Trondhjemit-Stamme bringen wird. Wichtig ist besonders die von TH. VOGT beschriebene Verknüpfung der eben erwähnten Opdalit-ähnlichen Gesteine mit einem Mikroperthit-Hypersthen-Granit, offenbar vom Typus der Bergen-Jotun-Granite.

Es wäre natürlich sehr wichtig, die Eruptivgesteine des kaledonischen Gebirges im südlichen Norwegen mit denen des kaledonischen Gebirges in Schottland zu vergleichen. Ursprünglich war es meine Absicht, durch eine Excursion in dieses Gebiet Vergleichsmaterial zu erhalten. Die Zeitumstände haben dies verhindert und es mir auch unmöglich gemacht, die vorliegende Litteratur über die kaledonischen Eruptivgesteine Schottlands vollständig zu erhalten. Die folgenden Bemerkungen können daher nur als erster Versuch einer Orientierung betrachtet werden.

Daß der Stamm der grünen Laven und Intrusivgesteine in Schottland auftritt, ist schon auf S. 20—21 erwähnt worden..

Als Beispiel können die untersilurischen Eruptivgesteine des Girvan-Gebiets genannt werden (siehe die zitierte Monographie von PEACH, HORNE und TEALL S. 421—483). Man findet dort Pillow-Lava und Mandelsteine von Diabas und Diabasporphyr, Augitandesit, Serpentin (entstanden aus intrusiven Olivin-Enstatit-Gesteinen), Gabbro, Dolerit, seltener Epidorit, Diorit, Granit.

Über das Vorkommen von Bergen-Jotun-Gesteinen in Schottland konnte ich in der mir vorliegenden Litteratur keine sicheren Angaben finden.

Der Stamm der Opdalit-Trondhjemit-Gesteine ist dagegen unzweifelhaft vertreten, und zwar unter anderen durch die sogenannten Galloway-Granite und deren Begleitgesteine (siehe PEACH, HORNE, TEALL, l. c. S. 607—651). Man findet im südlichen Schottland eine Gruppe von Tiefengesteinen beginnend

¹ TH. VOGT: Eruptivbergarterne paa Langöen i Vesteraalen, Norges geol. Unders. Aarb. 1909, No. 6.

mit »Quarz-Biotit-Hyperit« (nach der Beschreibung identisch mit dem Quarz-Biotit-Norit von Opdal-Inset¹, und über »Augit-Tonalit« und »Tonalit« bis zum Granitit fortsetzend. Die tonalitähnlichen Gesteine entsprechen offenbar den südnorwegischen Trondhjemiten. Sowohl im Mineralbestand wie in der Struktur stehn sie den entsprechenden norwegischen Gesteinen sehr nahe oder sind sogar mit ihnen identisch. Auch die begleitenden Gangmassen von Trondhemitporphyrer werden aus der Umgebung der schottischen Tiefengesteine beschrieben. Auch das Alter der schottischen Tiefengesteine stimmt mit demjenigen des Opdalit-Trondhemit-Stammes überein. Die Gesteine sind jünger als Obersilur (Ludlow), älter als »upper old red sandstone« und sind noch selbst von der kaledonischen Gebirgsbildung betroffen worden (mit Entstehung gneißartiger Typen).

Vergleich mit den Effusiv- und Intrusivgesteinen anderer Gebirge.

Die drei Eruptivstämme des kaledonischen Gebirges im südlichen Norwegen können mit analogen Stämmen anderer Gebirge verglichen werden.

Es erscheint mir von Interesse, die Resultate einer solchen Zusammenstellung hier kurz anzudeuten, da Versuche solcher Art vielleicht einmal von Nutzen sein können, wenn es gilt, eine natürliche Klassifikation der Eruptivgesteine auszuarbeiten.

Es zeigt sich, daß ähnliche Stämme auch anderwärts auftreten.

Der Stamm der grünen Laven und Intrusivgesteine entspricht der basaltischen, arktischen, Sippe v. WOLFFS².

¹ Sehr oft soll in den Quarz-Biotit-Hyperiten auch Kalifeldspat vorkommen, es handelt sich offenbar hier um Gesteine, welche dem Opdalit sehr nahe stehn, oder mit ihm identisch sind. Die Abbildung, welche TEALL (l. c., Tafel 25, 1) von dem Quarz-Biotit-Hyperit von Black Laggan gibt, könnte ebenso gut ein Gestein aus dem Opdal-Inset-Gebiet vorstellen.

² Die Effusivgesteine dieses Stammes im kaledonischen Gebirge entsprechen größtenteils sehr nahe dem Typus des „Spilit“, wie er von H. ROSENBUSCH beschrieben wird (Mikroskopische Physiographie, 4. Aufl., Bd. II. 1, 1908). Es sind dort zahlreiche Beispiele zusammengestellt, welche die „Pillow-Lava“-Textur, die peripherische Häufung von Mandelräumen, das Auftreten glasreicher Facies, sowie die Association mit Jaspis und Radiolarit von zahlreichen Vorkommen schildern. Ein sehr schönes Beispiel eines spilitisch entwickelten Stammes vorwiegend basaltischer Gesteine ist von F. SLAVIK aus dem böhmischen Präkambrium beschrieben worden. „Spilitische Ergußgesteine im Präkambrium zwischen Kladno und Klattau“ (Archiv für die naturwissenschaftliche Landesdurchforschung von Böhmen, Bd. 14, No. 2, 1908).

Der Stamm der Bergen-Jotun-Gesteine entspricht, wie es für die Bergen-Gesteine schon von KOLDERUP festgestellt wurde, den Anorthosit-Charnockit-Gesteinen.

Der Trondhjemit-Opdalit-Stamm entspricht den Tonalit-Granodiorit-Gesteinen.

Außerhalb des Gebirges käme hierzu dann noch der klassische Alkali-Stamm des Kristiania-Gebiets, ein Stamm, dessen Alter indessen postkalledonisch ist.

Von besonderer Bedeutung erschien mir die Frage, inwiefern bezüglich der Eruptivgesteine in geologischer und petrographischer Beziehung Ähnlichkeiten mit andern Faltengebirgen nachweisbar seien.

Analoga der grünen Laven und Intrusivgesteine.

In chemisch-petrographischer Beziehung ist es nicht schwer, Eruptivgebiete zu finden, welche den grünen Gesteinen unseres Gebirges analog sind, da ja basaltisch-gabbroide Eruptionsprovinzen sehr verbreitet sind.

Wir bemerken aber, daß nur ein Teil dieser Eruptionsprovinzen an Faltengebirge geknüpft sind; zahlreiche, wohl sogar die meisten, finden sich in Tafel- und Schollen-Gebieten (Deccan, arktische Basaltgebiete).

Eine nähere Analogie zeigt sich zwischen unsern grünen Gesteinen und den basaltischen Komplexen, welche dem Faltengebirge des westlichen Nordamerika eingeschaltet sind¹.

Falls man annimmt, daß die »Pietre verdi« der Alpen zum Teil effusiver Natur seien, so könnte man eine Analogie zwischen diesen und den kalledonischen grünen Gesteinen vermuten, um so mehr als auch ein Teil der alpinen grünen Gesteine als submarine Ergüsse gedeutet wurde, wie es ein Teil der Kaledonischen sicher ist. Allerdings ist es noch keineswegs *festgestellt*, ob unter den Pietre verdi der Alpen auch unzweifelhaft effusive Gesteine vertreten sind².

¹ Man vergleiche R. A. DALYS Monographie über den Querschnitt des Faltengebirges am 49ten Breitengrad, Geol. Surv. Canada, Memoir 38, 1912, S. 207—220.

² Man vergleiche hierüber besonders die wichtigen Arbeiten von H. P. CORNELIUS (Centralbl. f. Min. u. Geol., 1912, S. 632 und Neues Jahrb. f. Min. Beilage-Bd. 35, 1912), sowie von R. STAUB (Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Ges. in Zürich, Jahrgang 60, 1915). Die von STAUB beschriebenen ophiolitischen Alpengesteine zeigen in petrographischer Beziehung eine auffällige Ähnlichkeit mit den grünen Gesteinen des kalledonischen Gebirges (Vorkommen von Diabasporphyriten, Uralitdiabasen, Variolitgesteinen).

Falls Effusiva unter den alpinen grünen Gesteinen fehlen sollten, müßte man auch die Möglichkeit ins Auge fassen, daß dieselben auch der Bergen-Jotun-Familie entsprechen könnten, mit denen sie die Bewegung auf listrischen Flächen gemeinsam hätten. Man vergleiche außer den schon zitierten Arbeiten auch E. SUESS (Antlitz der Erde, Bd. III, 2, S. 644—648).

Auch für die grünen Gesteine im bosnischen Flysch ist es noch unsicher, ob sie mit unsern grünen Laven und Intrusiven oder lieber mit den Bergen-Jotun-Gesteinen parallelisiert werden müssen

Dasselbe gilt für die gabbroiden Gesteinen, welche im Himalaya auf listrischen Flächen emporgedrungen sind und dort als Träger von Schubmassen auftreten (man vergleiche E. SUESS, l. c. S. 647—648). Leider ist mir die Originallitteratur über die grünen Himalaya-Gesteine zurzeit nicht zugänglich, sodaß ein näherer Vergleich in petrographischer Beziehung nicht ausgeführt werden kann. Doch darf man wohl schon sagen, daß dieselben keineswegs so ausgesprochene Anorthosit-Charnockit-Gesteine sein können, wie der kaledonische Bergen-Jotun-Stamm. Man vergleiche hierüber auch den nächsten Abschnitt.

Analoga des Bergen-Jotun-Stammes.

Eine Parallelisierung norwegischer Bergen Jotun-Gesteine mit fremden Stämmen der Anorthosit-Charnockit-Serie findet man in den öfters zitierten wichtigen Arbeiten von C. F. KOLDERUP.

Die weitaus meisten Vorkommen solcher Gesteine liegen außerhalb der Faltengebirge, und es lassen sich daher keine näheren *geologischen* Beziehungen bei einem Vergleiche feststellen.

Geeigneter für eine solche Parallelisierung sind vielleicht die Eruptivgesteine des westlichen Berninagebirges, ein Gebiet, welches durch R. STAUBS¹ Untersuchungen vortrefflich bekannt ist. Bemerkenswert ist es, daß die Stellung der Bernina-»Monzonite« im alpinen Gebirge manche Analogien mit den Bergen-Jotun-Gesteinen im zentralen Norwegen zu bieten scheint. An beiden Orten bilden die Eruptive deckenförmige Massen, an ihrer Grenze stark mylonitisiert. Das Alter der Bernina-Eruptive wird von STAUB für karbonisch gehalten, die Verfrachtung an ihre jetzige Stelle im alpinen Gebirge für rein sekundär.

¹ Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge, Vierteljahrsschrift der naturforschenden Ges. in Zürich, Jahrgang 60, 1915.

Über andere mögliche Analoga der Bergen-Jotun-Gesteine vergleiche man den vorigen Abschnitt¹.

Im Großen und Ganzen darf man jedenfalls sagen, daß Gesteinsstämme von ausgesprochenem Bergen-Jotun-Habitus (Anorthosit-Charnockit-Stämme) in Faltengebirgen keineswegs häufig vertreten sein können², und daß noch in keinem andern Gebirge ein zwingender Beweis für ihre Intrusion während der Faltungsperiode erbracht ist.

Ferner ist es sehr merkwürdig, daß die sicher bekannten Gebiete von Anorthosit-Charnockit-Gesteinen anscheinend stets ein sehr hohes geologisches Alter besitzen (Urgebirge oder Altpaläozoicum).

Man könnte, um einen bildlichen Ausdruck anzuwenden, fast sagen, die Gesteine dieser Art seien frühzeitig ausgestorben. Eine andere Erklärungsmöglichkeit wäre es, daß die speciellen Differentiationsvorgänge der Anorthosit-Charnockit-Stämme den großen Tiefen eigentümlich sind, daß daher diese Gesteine nur durch ausnahmsweise tiefe Erosion oder durch tektonische Verfrachtung in zugängliche Aufschlüsse gebracht werden.

Analoga des Opdalit-Trondhjemit-Stammes.

Man darf wohl sagen, daß die Gesteine des Opdalit-Trondhjemit-Stammes mehr als diejenigen der beiden andern Stämme für das untersuchte Stück des kaledonischen Gebirges charakteristisch sind. Auch kennen wir gerade für diesen Stamm die zeitliche Übereinstimmung zwischen dem Empordringen der Eruptivmassen und den Vorgängen der Gebirgsbildung mit völliger Sicherheit. Die Opdalit-Trondhjemit-Gesteine sind jünger als die ersten Stadien der kaledonischen Gebirgsbildung, älter dagegen als die letzten.

Die Wahrscheinlichkeit für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Intrusion und Gebirgsbildung ist unzweifelhaft größer als bei dem Stamme der grünen Gesteine. Wir können deshalb eher erwarten, die Analoga dieses Gesteinsstammes auch in andern Faltengebirgen anzutreffen, eine Erwartung, die bei der Durchsicht der vorliegenden Litteratur völlig bestätigt wird.

Wir wollen hier unser Vergleichsmaterial aus jenen zwei Faltengebirgen entnehmen, deren Intrusivgesteine am besten bekannt sind, näm-

¹ Unter den grünen Gesteinen des alpinen Gebirges (Piemont) sind gangförmige Labradorfelse beschrieben worden, welche jedoch nach H. ROSENBUSCH (Mikr. Phys. 4. Aufl., Bd. 2. 1., S. 361) nicht zu den Anorthositen sondern zu den aplitischen Plagioklasiten zu stellen sind.

² Der „Orthoklas-Gabbro“ von Haystack, Montana, vergl. S. 40—41, wird anscheinend nicht von andern, mehr typischen, Anorthosit-Charnockit-Gesteinen begleitet.

lich den Alpen (insbesondere Ostalpen), sowie der amerikanischen Cordillera und deren Nebenzügen.

Wenige Eruptionsprovinzen in Faltengebirgen sind uns so genau bekannt wie die Gesteine der Ostalpen. Von der reichen Litteratur über dieses Gebiet sei hier nur F. BECKES neueste Monographie zitiert¹, in welcher die chemischen Besonderheiten der ostalpinen Eruptivgesteine an einem großen Analysenmaterial erläutert werden.

Betrachtet man die vorliegenden Gesteinsbeschreibungen und Analysen, ferner die Angaben über das geologische Auftreten², so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Tonalite der Ostalpen das Analogon des kaledonischen Opdalit-Trondhjemit-Stammes darstellen. Ich meine hier den Tonalitstamm im weiteren Sinne, umfassend außer den Tonaliten des Riesenferner, des Adamello usw. auch die Diorite von Klausen mit allen deren Verwandten, kurz ungefähr denjenigen Gesteinsstamm, welchen W. SALOMON³ unter dem Namen der »peradriatischen granitisch-körnigen Massen« zusammengefaßt hat, mit Ausnahme vielleicht der typischen Alkaligesteine (Monzoni-Predazzo).

Die Hypersthen-Glimmer-Diorite und entsprechenden Quarzdiorite von Klausen sind die vollständigen Analoga des Opdalits und seiner nächsten Verwandten im norwegischen Gebirge, die Tonalite entsprechen in Zusammensetzung, Mineralbestand, Struktur und geologischer Position den kaledonischen Trondhjemiten. Doch sind, neben allen Ähnlichkeiten, auch Unterschiede der beiden analogen Stämme bemerkenswert, so im Kalk- und Kaligehalt der sauren Endglieder.

Es ist dies überhaupt ein nicht seltener Zug, auf welchen man beim Vergleich analoger Gesteinsstämme öfters aufmerksam wird, daß selbst bei sehr ähnlichen Gesteinsstämmen verschiedener Eruptionsgebiete jeder Einzelstamm gewisse charakteristische Eigenheiten aufweist, an welchen man die einzelnen Mitglieder von analogen Gliedern ähnlicher Stämme unterscheiden kann.

Zu einem Vergleiche mit dem kaledonischen Faltengebirge in Bezug auf Intrusivgesteine eignet sich auch die große Cordillera des westlichen Nord- und Südamerika, sowie deren Parallelzüge.

Schon C. F. KOLDERUP⁴ hat darauf hingewiesen, daß die »weißen Granite« (Trondhjemite) des westlichen Norwegens nahe Verwandte unter

¹ Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wien, Math.-Naturw. Kl., Bd. 75, Halbband I, IV, 1913.

² Siehe z. B. die Darstellung in E. SUSS, Antlitz der Erde, Bd. III, 1, S. 422—449.

³ Tschermaks Min.-petrogr. Mitt., Bd. 17, 1898, S. 109. In dieser wichtigen Publikation wird die genetische Verknüpfung zwischen den einzelnen Gliedern des alpinen Tonalitstammes auf die vortrefflichste Weise gezeigt.

⁴ Bergens Mus. Aarb. 1911, No. 18.

solchen Gesteinen besitzen, welche für das westliche Nordamerika unter dem Namen Granodiorite charakteristisch sind.

Auch für mich unterliegt es keinem Zweifel, daß die Granodiorite der nordamerikanischen Cordillera, die Andendiorite und verwandten Gesteine der südamerikanischen Andes Analoga des Opdalit-Trondhjemit-Stammes sind.

Auch hier haben wir einen Stamm beginnend mit basischen und intermediären Gesteinen, die reich an Hypersthen und Biotit sind, endend mit sauren leukokraten Gesteinen. Aber auch der Stamm der Granodiorite und Andengesteine ist nicht völlig identisch mit dem Opdalit-Trondhjemit-Stamme. Auf S. 76 ist schon auf Unterschiede hingewiesen worden. Nur einige wenige Gesteine, welche unter den amerikanischen Granodioriten aufgezählt werden, stehn den Trondhjemiten so nahe, daß eine gemeinsame Bezeichnung angezeigt erschiene. Die meisten Granodiorite sind reicher an Kali und an Eisenoxiden, hingegen ärmer an Kieselsäure, sie vereinen granitische und dioritische Charaktere in höherem Maße als es die Trondhjemite tun.

Eine nähere Übereinstimmung als die sauren Intrusive der eigentlichen Andeskette zeigen saure Gesteine von den kleinen Antillen mit dem Trondhjemit-Typus. A. G. HÖGBOM² hat von den kleinen Antillen tertiäre und cretaceische Gesteine unter dem Namen »Plagioklasgranit« beschrieben, welche den Trondhjemiten in Zusammensetzung, Mineralbestand und Struktur teilweise sehr nahe stehn.

Wir finden somit in allen drei behandelten Gebirgszügen, aus geologisch ganz verschiedener Zeit, das Auftreten analoger Intrusivgesteinsstämme, offenbar ursächlich verknüpft mit den gebirgsbildenden Vorgängen.

Die drei Stämme der alpinen Klausen-Diorite und Tonalite, der andinen Granodiorite und der kaledonischen Opdalite und Trondhjemite sind jeder für sein Gebirge charakteristisch. Untereinander sind diese Stämme ähnlich, doch nicht identisch. Ihr Auftreten ist an bestimmte Faltengebirge geknüpft, denen sie über ungeheure Strecken folgen können, ohne, soweit dies bis jetzt bekannt ist, jemals in das Vorland des Gebirges hinauszutreten.

Das regionale Auftreten dieser Gesteinsstämme ist offenbar an dieselben Ursachen geknüpft, welche auch die Gebirgsbildung bedingen. Lokale Ursachen können nicht für das Auftreten dieser Eruptivgesteine ver-

¹ Ein nahes Analogon der Biotitnorit-Opdalit-Gruppe scheint der »Anden-Norit« zu sein, welchen F. v. WOLFF beschreibt, Zeitschr. d. Deutschen geol. Ges., Bd. 51, 1899, S. 525.

² Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala, Bd. 6, 1902/03, No. 9.

antwortlich gemacht werden. Wir können sie nicht aus *lokalen* Magma-behältern herleiten; ein Magmabehälter, der von der Antarktis bis Alaska reicht, wäre nicht mehr lokal. Wir können die Eruptivgesteine dieser Stämme auch keineswegs auf lokal oder regional geschmolzene Sedimente einer Geosynklinale zurückführen, denn in solchem Falle wäre die Einheitlichkeit der Eruptivstämme über so große Strecken ganz unbegreiflich, ebenso die Analogie der Eruptivgesteine in Gebirgen mit ganz verschiedenem Sedimentmaterial.

Bemerkungen zur geologischen Übersichtskarte.

Die topographische Unterlage der Karte wurde auf meine Veranlassung von Herrn Premierleutnant AXEL PRINTZ auf Grundlage der Konturkarte 1 : 1 000 000 (herausgegeben von Norges geografiske Opmaaling) gezeichnet. Die Einzeichnung der geologischen Daten wurde vom Verfasser ausgeführt, auf Grundlage der gesamten vorliegenden Litteratur und Karten, sowie zahlreicher Tagebücher aus dem Archiv von Norges geologiske Undersökelse¹. Die Zeichnung für die Farbendrucke wurde vom Verfasser direkt auf die Zinkplatten eingetragen.

Zahlreiche ganz kleine Vorkommen granitischer und syenitischer Gesteine des Bergen-Jotun-Stammes konnten auf der Karte nicht gesondert eingetragen werden, da der Maßstab der Karte nicht ihre Darstellung erlaubte. Im allgemeinen wurde bei der Eintragung kleiner Gesteinsvorkommen und bei der Druckgenauigkeit bis an die Grenze des Möglichen gegangen, weshalb es sich empfehlen dürfte, beim Gebrauch der Karte eine Lupe zu benutzen.

Es sei noch bemerkt, daß die Abgrenzung der Bergen-Jotun-Granite gegen die granitischen Deckmassen des südwestlichen Norwegens eine sehr schwierige ist (vergl. S. 116). An vielen Stellen der Karte ist daher vorläufig von der Einzeichnung einer Grenzkontur zwischen diesen beiden Bezeichnungen abgesehen worden, und sind nur solche Granite zum Bergen-Jotun-Stamme gezählt, deren Zugehörigkeit außerhalb jeden Zweifels feststeht.

Bezüglich der Zeichenerklärung sei noch bemerkt, daß die benutzten Namen sich stets auf das betreffende unmetamorphe Gestein beziehen. So sind mit der Bezeichnung für Pyroxenit und Peridotit auch Serpentine und

¹ Eine Aufzählung dieser Tagebücher findet man in des Verf.s Geol.-petrogr. Studien III, Vid.-Selsk. Skr. I. M.-N. Kl. 1915, No. 10, S. 37.

Topfsteine bezeichnet, mit der Bezeichnung für gabbroide Gesteine auch Saussurit-Amphibolite usw.

Es sei hier auch noch auf einige Fehler der Karte aufmerksam gemacht. Durch ein Versehn meinerseits wurde die Form der Eruptivmasse von Opdal-Inset um ein Geringes verzeichnet (um etwa 0,7 mm. zu stark nach Süden ausgebaucht, man vergleiche die richtige Form auf Tafel VI).

Bei der Gabbromasse von Fukhammerne-Dyptjernfjeld-Rödsjökampen (vergl. S. 26) bei 1° W., $61^{\circ} 10'$ N. sollte die braune Farbe ein wenig weiter nach rechts reichen und das punktierte Feld gänzlich ausfüllen.

Endlich ist auch bei der photographischen Reproduktion der Unterlage ein kleiner Fehler unterlaufen, indem der Maßstab der Karte nicht genau innegehalten wurde. Der jetzige Maßstab der Karte ist nicht genau 1 : 2 000 000, sondern 1 : 2 020 000.

Berichtigungen.

Pag. 28,	Linie 13 v. u.	Lies Cr_2O_3 statt Cr_2O_2 .
" 32,	" 8 v. o.	" TiO_2 statt SiO_2 .
" 48,	" 5 v. o.	" Taf. II statt Taf. IV.
" 73,	" 2 v. o.	" SiO_2 statt SiO_3 .

Z_m Südende 2
 Festecke des
 310 M. ü. M. 2
 X
 Lees Bygdin, 2
 I
 gl. S. 64.
 vergl. S. 67 2
 X

Opdalit-Trondh

	XV O. Röer	XI O. F
SiO ₂	61,64	69,
TiO ₂	0,97	0
Cr ₂ O ₃		
Al ₂ O ₃	15,44	16,
Fe ₂ O ₃	0,92	0,
FeO	4,64	1,
MnO		Sp
MgO	4,28	1,
CaO	4,85	3,
BaO		
Na ₂ O	3,55	6,
K ₂ O	3,24	1,
P ₂ O ₅	0,15	0,
CO ₂	0,12	0,
S		
H ₂ O -		
H ₂ O +	0,43	0,
	100,23	100,
D	2,790	2,6

a H
 1 Ir
 2 V

**Zusammenstellung der neuen Analysen, welche in dieser Arbeit
veröffentlicht werden.**

Stamm der grünen Laven und Intrusivgesteine.

1. Syenitischer Granstein, kissenförmig abgesondert, Hage-Brø bei Storen, Trondhjem-Gebiet, vergl. S. 14—15.
2. Aegirinsiderischer Granstein, kissenförmig abgesondert, Løkken-Grube, Meldalen, Trondheim-Gebiet, vergl. S. 14—15.
3. Granit, Amphibolit, Naveresnes, Finnø, Stavanger-Gebiet, vergl. S. 15.

Stamm der Bergen-Jotun-Gesteine

4. Syenit, Amphibolit, Ostseite der Anhöhe ober Frammas-Hotel, Süden des Sees Jotun, Jotunheimen, vergl. S. 26.
5. Granit, Amphibolit, zwischen Vassenden und Melgaardseter, westl. vom Süden des Sees Jotun, vergl. S. 32.

- VI. Labradorfelsmylonit, 1,5 Km. südöstlich vom Solatjern, westlich vom Süden des Espedalsvands, vergl. S. 32.
VII. Jotun-Norit, Ostabhang von Brekkaamsnaase, 1550 M. u. M., Nordwestecke des Sees Jotun, vergl. S. 37 und 38.
VIII. Mangerat, Übergangstypus zum Jotun-Norit, westlich des Bithorns, 1310 M. u. M. südlich des Ostendes des Sees Bygdin, Jotunheimen, vergl. S. 40.
IX. Hyperthensyenit, Suleland, Filefjeld, vergl. S. 43.
X. Alkalgranit, Jonsskardelv, Jotunheimen, vergl. S. 50 und 51.
XI. Biotitgranit, Gangmasse, Südostseite des Synhorn, am Ostende des Sees Bygdin, vergl. S. 52.

Opdalit-Trondhjemit-Stamm

- XII. Quarz-Biotit Norit, gegenüber von Gissenaas, Opdal-Inset-Masse, vergl. S. 64.
XIII. Hypersthen-Glimmer-Norit, südlich von Austberg, Opdal-Inset-Masse, vergl. S. 67—68.

- XIV. Opdalit, südlich von Austberg, Opdal-Inset-Masse, vergl. S. 71—72.
XV. Opdalit, schwach porphyrisch, südlich von Austberg, Opdal-Inset-Masse, vergl. S. 71—72.
XVI. Trondhjemit, Dragaasen bei Reisthøen, Guldalen, vergl. S. 79.
XVII. Trondhjemit (mit Anti-Kapazit-Fehlpat), Skavlen bei Austberg, Opdal-Inset-Gegend, vergl. S. 80.
XVIII. Trondhjemit, feinkörnig, 40 M. über dem Høie-Frenstad, Kviken, vergl. S. 81.
XIX. Trondhjemit, gneisartig, Mastravårde, Møsteren, Stavanger-Gebiet, vergl. S. 85.
XX. Trondhjemit-Aplit, Gang, gegenüber Gissenaas, Opdal-Inset-Masse, vergl. S. 90.

Stamm unsicher, wohl Opdalit-Trondhjemit

- XXI. Granit, feinkörnig, Vistnes Fyrløvi, Stava-Hallensel, vergl. S. 115.
XXII. Granitaplit, neil, Naveresnes, Finnø, Stavanger-Gebiet, vergl. S. 115.

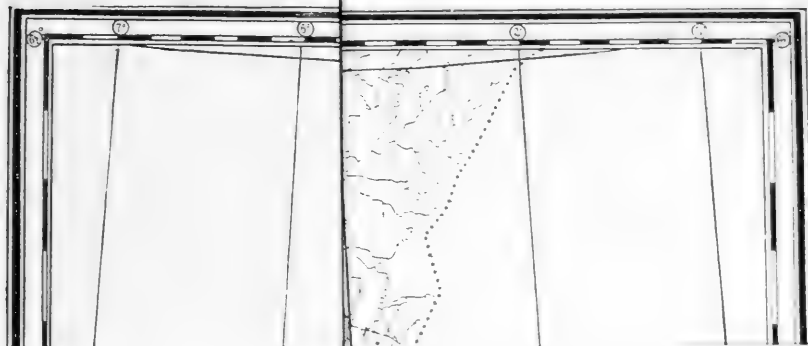
	Grüne Gesteine			Bergen-Jotun-Gesteine									Opdalit-Trondhjemit-Gesteine											Stamm unsicher, wohl Opdalit-Trondhjemit		
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII				
	O-Röer	O-Röer	O-Röer	M-Dittich	O-Röer	O-Röer	M-Dittich	M-Dittich	O-Röer	O-Röer	M-Dittich	O-Röer	O-Röer	O-Röer	O-Röer	O-Röer	O-Röer	O-Röer	O-Röer	O-Röer	O-Röer	O-Röer				
	52,28	58,07	47,11	47,82	51,01	51,54	52,78	51,01	61,03	66,20	72,80	51,67	57,03	62,25	61,64	60,40	72,11	71,05	70,40	75,35	71,50	70,61				
Si	13,10	10,00	10,07	10,00	10,15	10,00	10,52	10,15	10,78	10,70	10,80	10,82	10,97	10,91	10,97	10,93	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97				
Al	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10				
Fe	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10				
Mn	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10				
Mg	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10				
Ca	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10				
Na	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10				
K	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10				
Summe	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00				

1 + 110%, statt 100%

1 + 110%, statt 100%

1 + 110%, statt 100%

V. M. GOLTER und Trondhjem.



ROALD AMUNDSENS ANTARKTISCHE EXPEDITION
WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNISSE

DER LUFTDRUCK ZU FRAMHEIM UND SEINE TÄGLICHE PERIODE

VON
H. MOHN

Videnskabselskabet's Skrifter. I. Mat.-naturv. Klasse 1916. No. 3)

UTGIT FOR FRIDTJOF NANSENS FOND

KRISTIANIA
IN KOMMISSION BEI JACOB DYBWAD

1916

Fremlagt i den mat.-naturv. klasses møte den 28. januar 1916.

ROALD AMUNDSENS Überwinterungsstation *Framheim*, die südlichste feste meteorologische Station der Erde, hat folgende geographische Koordinaten:

Breite $78^{\circ} 38' \text{ S.}$

Länge $163^{\circ} 37' \text{ W. Gr.}$

Meereshöhe des Barometers 11.1 Meter.

Zur Messung des Luftdrucks wurden zwei Barometer benutzt, Wild-Fuess No. 361 und Kew Station Barometer Adie No. 839.

Da die Beobachter mit der Handhabung des ersteren nicht so vertraut waren wie mit dem zweiten, und da es auch nicht so gut gegen strahlende Wärme geschützt war wie das Adie-Barometer, wurden zur weiteren Bearbeitung und Diskussion nur die mit diesem ausgeführten Beobachtungen benutzt.

Vor der Reise wurde durch Vergleichung mit dem Hauptbarometer des Meteorologischen Instituts zu Kristiania die konstante Korrektion des Adie-Barometers gleich $-0.65 \pm 0.05 \text{ mm.}$ gefunden. Die Barometer kamen unbeschädigt nach Framheim, wurden aber auf der Rückreise leider in Colon infolge eines Unglücksfalls zerbrochen.

Die Beobachtungen wurden vom 1. April 1911 an bis zum 29. Januar 1912 täglich um 8 a, 2 p und 8 p Framheim mittlere Zeit ohne Lücken genommen. Sie wurden auf 0° , auf das Normalbarometer und auf Normal-schwere reduziert. In meiner Abhandlung: *Roald Amundsen's Antarctic Expedition, Scientific Results, Meteorology*¹ sind sie, ebenfalls auf das Meeresniveau reduziert, veröffentlicht worden.

Die Barometer waren in der Küche an der Wand zwischen der Küche und dem Wohnzimmer aufgehängt. Die Tür zwischen diesen Räumen stand offen, so daß die Barometer hinter ihr angebracht und gegen die Hitze vom Feuerherd geschützt waren.

¹ Videnskapsselskapets Skrifter. Mat.-naturv. Klasse 1915. No. 5.

Stündliche Werte des

April 1911. 700 mm +

Da- tum	0	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	34.9	34.9	34.9	35.0	34.9	35.0	35.7	36.1	36.3	36.4	36.5	37.0
3	38.1	38.0	38.0	38.3	38.1	37.9	37.8	37.7	37.7	37.6	37.6	37.6
6	31.6	30.9	30.3	29.9	29.6	29.2	28.9	29.0	28.9	29.0	29.2	29.2
7	29.8	29.9	29.9	30.3	30.6	30.6	30.8	30.8	30.8	31.2	31.6	31.9
8	39.2	39.3	39.6	39.7	40.0	39.0	39.0	40.0	40.8	40.5	40.6	40.4
9	36.4	35.9	35.6	35.3	34.8	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7	34.7
10	33.9	33.8	33.5	33.2	33.9	33.4	32.9	32.4	32.1	31.9	31.3	31.3
11	29.6	29.7	29.8	30.0	30.2	30.3	30.5	31.0	31.7	32.1	32.5	33.2
12	36.1	35.8	35.3	35.2	34.3	34.3	34.3	34.3	34.4	34.5	34.4	34.5
13	35.5	35.6	35.5	35.6	35.7	35.8	35.8	36.0	36.5	36.8	37.0	37.6
14	41.5	42.4	42.9	43.5	44.1	45.0	45.1	45.6	47.2	47.6	48.1	49.4
15	56.1	56.2	56.3	56.4	56.4	56.4	56.4	56.1	56.3	56.9	56.6	56.9
16	55.5	55.4	55.3	55.1	54.9	54.6	54.3	53.9	53.9	53.8	53.8	53.8
17	43.7	42.1	40.9	40.8	38.3	37.1	36.3	36.0	36.0	36.5	37.5	38.2
18	38.7	38.6	38.5	38.4	38.3	38.0	38.0	38.3	38.6	38.8	39.1	39.3
19	41.0	41.1	41.2	41.2	41.3	41.3	41.3	41.4	41.4	41.5	41.7	41.9
20	41.5	41.3	41.2	40.8	40.2	40.1	39.6	39.6	39.1	38.5	37.9	37.7
21	34.3	34.1	33.8	33.5	33.3	32.9	32.6	32.8	32.5	32.5	32.5	32.5
22	31.5	31.4	31.2	31.2	31.2	31.0	31.0	30.8	30.8	30.7	30.7	31.0
23	31.2	31.1	30.8	30.5	30.3	30.2	30.0	29.7	29.7	29.6	29.5	29.6
24	32.4	32.5	32.7	33.0	33.1	33.2	33.5	33.6	33.3	33.4	33.6	33.7
25	35.6	36.2	36.4	36.6	36.9	37.5	37.6	38.0	38.8	39.1	39.6	40.5
26	47.4	47.4	47.6	47.8	48.0	47.9	48.0	48.0	48.1	48.1	48.0	47.9
27	47.4	47.8	48.1	48.2	48.3	48.3	48.3	48.9	49.4	49.5	49.4	49.8
28	49.9	49.9	49.5	49.3	48.7	48.5	48.0	47.7	47.3	46.5	46.3	46.2
29	43.3	43.0	42.8	42.5	42.3	42.2	42.0	41.9	41.7	41.5	41.5	41.7
30	42.6	42.5	42.5	42.7	42.8	42.7	42.7	42.6	42.5	42.4	42.4	42.4
M.	39.19	39.14	39.04	39.04	38.91	38.71	38.63	38.77	38.93	38.91	39.02	39.26
Red.	39.29	9.24	9.15	9.13	8.99	8.75	8.69	8.82	8.91	8.94	9.05	9.28

Luftdrucks zu Framheim.

April 1911. 700 mn +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
37.2	37.6	38.0	38.0	37.9	38.1	38.2	38.2	38.2	38.1	38.1	38.1
37.3	36.7	36.7	36.4	36.4	36.1	35.8	35.5	35.2	34.7	34.7	34.4
29.3	29.7	30.0	30.0	29.8	29.6	29.8	30.0	30.0	29.9	29.9	29.9
32.4	32.6	34.2	35.5	35.0	35.8	36.2	37.0	37.3	37.8	38.2	38.7
40.4	40.4	40.2	39.8	39.3	38.5	38.2	38.1	37.9	37.4	37.0	36.7
34.7	39.9	34.8	34.9	34.9	35.1	34.9	34.9	34.7	34.8	34.7	34.6
31.3	31.3	31.0	30.6	30.4	30.2	29.9	29.7	29.9	29.8	29.7	29.7
33.6	34.1	34.5	34.6	34.7	35.2	35.5	36.0	36.3	36.3	36.2	36.2
34.5	34.5	34.6	34.8	34.4	34.5	34.5	34.5	34.7	35.0	35.2	35.3
37.9	37.8	38.1	38.1	38.3	38.4	38.8	39.6	40.3	40.5	40.9	41.4
50.3	50.9	51.7	52.6	52.9	53.8	54.0	54.2	54.8	55.3	55.7	56.1
56.8	56.8	57.0	57.2	56.9	56.4	56.1	55.9	55.8	55.6	55.5	55.6
53.4	53.1	53.0	52.2	51.3	50.9	49.7	49.1	48.3	47.1	46.2	45.1
38.5	38.9	39.4	39.5	39.2	39.2	39.1	39.0	39.1	38.9	38.9	38.8
39.3	39.4	39.6	39.6	39.3	39.3	39.6	39.7	40.0	40.1	40.6	40.8
41.8	41.7	42.0	42.4	42.5	42.5	42.5	42.4	42.2	42.1	41.9	41.9
37.5	37.1	36.8	36.7	36.4	36.0	35.8	35.4	35.2	34.9	34.7	34.5
32.5	32.6	32.7	32.7	32.5	32.4	32.2	32.0	31.9	31.9	31.7	31.7
30.7	31.1	31.2	31.4	31.6	31.6	31.3	31.5	31.4	31.4	31.4	31.4
29.6	29.9	30.1	30.3	30.7	30.7	30.8	30.9	31.0	31.3	31.8	32.2
33.9	34.0	34.1	34.1	34.2	34.3	34.3	34.5	34.7	34.9	35.0	35.5
40.9	41.8	42.9	43.7	44.2	44.7	45.3	45.5	46.0	46.5	46.7	47.0
47.7	47.7	47.5	47.3	47.2	47.2	47.1	47.0	47.1	47.1	47.2	47.2
50.1	50.2	50.4	50.5	50.4	50.4	50.3	50.3	50.3	50.3	50.1	50.0
45.5	45.4	45.0	44.5	44.5	44.5	44.1	43.8	43.7	43.7	43.6	43.6
41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.7	42.0	42.2	42.4	42.5	42.5	42.6
42.1	42.0	41.9	41.9	41.7	41.5	41.0	40.8	40.7	40.6	40.5	40.5
39.27	39.41	39.60	39.66	39.57	39.58	39.50	39.54	39.60	39.57	39.58	39.62
9.27	9.40	9.58	9.64	9.54	9.54	9.45	9.46	9.53	9.49	9.40	9.53

Mai 1911. 700 mm +

Da- tum	0	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	40.5	40.4	40.3	40.2	40.1	40.1	40.2	40.2	40.2	40.1	40.3	40.4
2	42.2	42.3	42.4	42.5	42.6	42.6	42.6	42.7	42.7	42.7	42.6	42.5
3	42.8	42.8	42.8	42.8	42.7	42.7	42.7	42.9	42.8	42.9	43.0	43.1
4	40.3	39.9	39.6	39.5	39.1	38.6	38.5	38.3	38.0	37.8	37.7	37.7
5	35.4	34.8	34.8	34.7	34.9	35.0	35.1	35.2	35.3	35.8	36.3	36.6
6	43.6	44.0	44.8	45.6	46.7	47.4	48.2	49.1	50.1	50.6	51.0	51.5
7	54.1	54.3	54.3	54.3	54.1	54.0	53.9	53.7	53.5	54.1	53.5	53.8
8	51.2	50.9	50.8	50.6	50.2	49.9	49.9	49.8	50.0	49.9	49.8	49.8
9	50.1	50.2	50.2	50.3	50.1	50.2	50.0	50.1	50.4	50.7	50.9	50.9
10	51.0	50.8	50.4	50.2	49.8	49.7	49.3	48.9	48.4	47.9	47.8	47.8
11	45.8	45.8	45.7	45.7	45.6	45.6	45.8	45.8	46.2	46.5	46.7	46.9
12	47.9	47.7	47.7	47.3	46.7	46.4	45.7	45.7	45.6	44.9	44.0	43.7
13	39.5	38.9	38.3	37.7	37.1	36.6	36.2	35.4	35.0	34.4	34.3	34.3
14	29.3	29.2	29.0	28.1	27.9	27.6	26.9	26.6	26.4	26.0	25.7	25.4
15	20.9	20.5	20.2	20.2	20.1	19.9	20.5	20.9	21.1	22.1	22.3	23.5
16	32.8	32.2	32.7	33.0	33.9	34.6	35.4	36.1	36.9	37.4	37.9	39.0
17	43.4	43.2	42.6	42.2	41.9	41.5	41.0	40.8	40.7	40.2	39.8	39.7
18	38.1	38.5	38.6	38.7	39.0	39.0	39.3	39.6	39.8	39.8	39.7	39.9
19	42.5	42.6	42.6	42.6	42.7	42.6	42.6	42.6	42.5	42.6	42.6	42.6
20	43.1	43.1	43.1	43.1	43.1	43.0	42.7	42.5	41.7	41.6	40.8	40.4
21	35.4	35.2	35.1	35.0	34.6	34.3	34.2	34.0	34.1	34.0	34.0	34.0
22	33.3	33.3	33.4	33.5	33.4	33.3	33.5	33.6	33.4	33.5	33.5	33.5
23	32.5	32.4	32.0	31.6	31.5	30.9	30.2	29.7	29.3	28.3	27.3	26.7
24	16.5	15.2	14.6	13.8	13.1	12.9	12.5	12.4	11.8	11.6	11.5	11.8
25	18.0	18.8	19.1	19.3	20.4	20.7	21.1	22.1	22.7	23.7	24.5	25.7
26	32.5	32.6	32.5	32.4	32.6	32.6	32.8	33.3	33.4	33.6	34.0	34.6
27	42.8	44.1	44.3	44.8	45.1	45.6	45.7	46.5	46.6	46.8	46.8	47.0
28	43.9	43.4	42.6	42.2	41.4	40.4	39.6	39.0	38.4	37.8	37.2	37.6
29	32.1	31.8	31.6	31.3	31.0	30.6	30.2	29.4	29.4	28.9	28.4	27.9
30	24.5	24.3	24.2	23.5	23.2	23.1	22.7	22.5	22.2	21.4	21.3	20.6
31	20.4	20.7	21.0	21.1	21.5	21.8	22.3	22.4	22.6	23.1	23.8	24.3
M.	37.73	37.45	37.46	37.35	37.30	37.20	37.14	37.13	37.11	37.09	37.06	37.20
Red.	37.55	7.29	7.31	7.22	7.19	7.10	7.05	7.06	7.05	7.05	7.03	7.19

Mai 1911. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40.5	40.6	41.0	41.0	41.1	41.3	41.5	41.6	41.5	41.6	42.0	42.1
42.4	42.3	42.6	42.8	43.1	42.8	42.7	42.7	42.6	42.7	42.8	42.9
43.1	43.1	42.9	42.7	42.6	42.5	42.2	42.0	41.5	41.0	40.9	40.6
37.7	37.7	37.7	37.6	37.5	36.9	36.8	36.6	36.3	35.9	35.6	35.5
37.2	37.4	37.9	38.5	39.1	39.5	39.6	40.0	40.7	41.3	42.0	42.5
51.8	52.0	52.3	52.5	52.8	52.8	52.9	53.2	53.3	53.7	53.8	53.8
53.9	53.6	53.6	53.5	53.3	52.3	52.0	51.9	52.0	51.8	51.5	51.5
50.0	49.9	49.8	49.7	49.9	50.0	49.3	49.6	49.8	50.0	50.1	50.0
50.9	51.0	51.1	51.1	51.1	51.1	51.2	51.2	51.2	51.1	51.1	51.0
47.3	47.1	46.9	46.8	46.4	46.1	45.9	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8
47.0	47.2	47.4	47.4	47.6	48.0	48.0	47.9	47.9	48.0	47.9	47.9
43.9	43.6	43.3	42.5	42.3	42.0	41.4	41.3	41.4	40.4	40.2	40.0
33.7	33.6	33.3	32.8	32.5	31.9	31.6	31.1	30.8	30.6	30.5	30.0
24.8	24.6	24.3	23.7	23.0	22.8	22.4	21.8	21.4	21.1	21.0	20.9
24.4	25.0	26.3	27.3	27.5	27.9	28.4	28.9	29.5	30.1	30.6	31.5
39.7	40.3	41.1	41.6	42.3	42.8	43.3	43.5	43.5	43.5	43.3	43.3
39.6	39.2	38.5	38.3	38.2	38.1	37.7	37.8	37.8	37.8	37.8	38.0
40.1	40.3	40.7	40.8	40.9	40.9	41.1	41.4	41.5	41.8	42.1	42.3
42.3	42.3	42.3	42.5	42.5	42.6	42.6	42.6	42.8	42.8	42.9	43.0
39.8	39.5	38.9	38.5	38.3	37.6	37.3	37.1	36.3	36.3	36.3	36.1
34.0	33.9	33.8	33.8	33.6	33.5	33.4	33.3	33.2	33.0	33.1	33.2
33.5	33.5	33.5	33.6	33.5	33.4	33.2	33.0	32.8	32.7	32.7	32.7
25.7	25.0	24.0	23.3	22.2	21.3	20.9	19.6	19.2	18.5	17.4	17.2
11.6	11.5	11.7	12.2	12.7	12.8	13.4	14.2	15.1	16.0	16.4	17.0
26.8	27.6	28.6	29.2	29.9	30.4	30.8	31.2	31.6	32.1	32.1	32.4
35.0	35.6	36.4	37.0	37.8	39.0	39.1	39.5	40.4	41.4	41.7	41.9
47.1	47.1	47.2	47.2	47.1	46.6	46.5	47.1	45.8	45.3	45.0	44.4
36.3	35.9	35.1	35.0	35.0	34.2	34.2	33.7	33.3	33.1	33.1	32.5
27.6	27.2	27.0	26.6	26.6	26.3	25.5	25.4	25.3	25.0	24.9	24.8
20.4	20.7	19.6	19.8	19.9	18.7	19.7	18.8	19.0	19.2	19.9	19.9
24.6	25.0	25.6	26.4	26.7	27.2	27.4	27.9	28.0	28.0	28.8	29.1
37.16	37.17	37.24	37.28	37.32	37.20	37.16	37.15	37.14	37.15	37.20	37.22
7.16	7.18	7.27	7.32	7.38	7.27	7.25	7.25	7.25	7.28	7.35	7.38

Juni 1911. 700 mm +

Da- tum	0	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	29.6	30.1	30.7	31.3	31.7	32.0	32.2	32.6	32.5	32.9	33.2	33.4
2	34.2	34.3	34.3	34.4	34.7	34.8	34.3	35.3	35.3	35.5	35.6	35.7
3	33.3	32.8	32.5	32.2	31.5	31.6	31.9	31.7	31.6	31.5	31.3	31.2
4	30.9	30.8	30.7	30.7	30.6	30.4	29.9	29.5	29.4	29.4	28.9	29.0
5	24.7	24.5	24.4	24.4	24.1	24.5	24.2	24.1	24.1	24.3	24.3	24.5
6	26.3	26.4	26.5	26.5	26.7	26.4	26.2	26.2	26.3	26.7	27.0	27.1
7	30.1	30.1	30.0	29.8	29.6	29.4	29.2	29.1	29.0	28.3	28.2	27.6
8	25.0	25.2	25.2	25.2	25.4	25.6	25.7	25.9	26.0	26.0	26.6	26.7
9	27.0	26.9	26.7	26.5	26.0	25.8	25.6	25.5	25.0	24.7	24.7	24.7
10	25.3	25.5	25.5	25.6	25.7	25.7	25.7	25.8	25.9	26.1	26.5	26.6
11	29.1	29.1	29.6	29.8	30.0	30.1	30.3	30.7	30.9	31.2	31.2	31.9
12	33.2	33.3	33.2	33.1	33.0	33.0	33.0	33.0	33.2	33.1	33.1	33.2
13	34.6	34.7	34.9	35.0	35.3	35.3	35.3	35.4	35.5	35.8	36.1	36.4
14	37.7	37.8	37.8	38.1	38.0	38.0	37.9	37.9	37.9	37.9	38.2	38.7
15	38.5	38.5	38.1	37.6	37.4	37.1	36.7	36.4	35.9	35.6	35.4	35.2
16	31.6	31.5	31.0	31.0	30.7	30.5	30.2	30.2	29.7	29.5	29.5	29.7
17	30.8	31.0	31.2	32.0	32.1	32.8	33.1	33.9	34.4	34.9	35.8	36.4
18	45.1	45.4	45.9	46.0	46.4	46.7	47.0	47.8	48.1	48.4	48.9	49.3
19	50.4	50.3	50.1	49.9	49.5	49.3	48.9	48.9	48.7	48.6	48.6	47.8
20	40.5	40.2	40.0	39.7	39.5	39.3	39.3	39.3	39.1	39.0	38.9	38.7
21	36.4	36.1	35.1	34.8	34.1	34.1	32.6	31.7	30.9	30.5	30.2	29.0
22	25.6	25.8	25.9	25.7	25.9	26.1	26.1	26.6	26.4	26.6	26.8	27.2
23	30.9	31.1	31.1	31.2	31.2	31.2	31.2	31.3	31.4	31.4	31.3	31.3
24	32.1	32.2	32.4	32.5	32.5	32.5	32.6	32.8	32.7	32.7	32.9	33.0
25	33.7	33.7	33.7	33.6	33.3	33.3	33.3	32.8	32.7	32.5	32.4	32.0
26	29.7	30.0	30.2	30.5	30.6	30.7	30.8	30.8	30.9	31.2	31.4	31.5
27	33.8	34.1	34.3	34.4	34.6	34.8	35.0	35.4	35.7	35.8	35.9	36.2
28	42.2	42.7	43.0	43.9	44.0	44.2	45.1	45.4	45.9	45.9	46.0	46.0
29	45.6	45.5	45.1	44.9	44.6	44.2	44.0	43.9	43.8	43.3	43.2	42.4
30	38.1	37.8	37.7	37.3	36.8	36.7	36.6	36.5	35.3	34.6	34.3	34.1
M.	33.54	33.58	33.56	33.59	33.52	33.54	33.48	33.55	33.47	33.46	33.55	33.55
Red.	33.56	33.60	33.58	33.60	33.53	33.55	33.49	33.56	33.47	33.45	33.55	33.55

Juni 1911. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
33.5	33.6	33.8	34.0	34.0	33.9	33.8	33.8	33.8	33.9	33.9	34.0
35.8	35.9	36.0	35.8	35.6	35.6	35.4	35.2	35.1	34.6	33.8	33.4
31.1	31.1	31.1	31.0	31.1	31.0	31.0	31.2	31.2	31.2	31.1	31.0
28.6	28.2	27.8	27.1	27.0	26.6	26.0	25.7	25.6	25.0	24.7	24.7
24.5	24.6	24.7	24.9	24.9	25.2	25.4	25.6	25.7	25.8	25.9	26.2
27.5	27.6	27.9	28.6	28.7	29.2	29.4	29.6	29.7	29.9	30.0	30.1
27.3	27.1	26.6	26.4	26.2	25.9	25.5	25.2	24.9	24.9	24.8	24.9
26.8	27.0	27.4	27.5	27.6	27.6	27.5	27.5	27.4	27.4	27.3	27.1
24.7	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.9	24.8	25.0	25.1
26.7	26.8	26.9	27.2	27.4	27.6	27.8	28.2	28.3	28.4	29.0	29.2
32.1	32.3	32.5	32.5	32.6	33.0	33.3	33.4	33.5	33.4	33.4	33.3
33.3	33.5	33.6	33.7	33.7	33.7	33.7	33.9	34.1	34.1	34.5	34.6
36.5	36.7	36.9	37.0	37.3	37.5	37.7	37.4	37.3	37.5	37.7	37.6
38.7	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.9	38.9	38.8	38.8	38.8	38.7
34.5	34.3	34.2	33.9	33.3	33.5	32.9	32.7	32.3	32.2	32.1	32.0
29.4	29.1	29.2	29.2	29.1	29.3	29.6	29.8	30.1	30.2	30.3	30.6
37.2	37.6	39.0	40.0	40.6	40.8	41.4	42.3	43.2	43.8	44.2	44.6
49.5	49.7	50.0	50.2	50.3	50.4	50.5	50.4	50.5	50.5	50.5	50.5
46.2	45.7	45.2	44.3	43.7	43.2	42.3	42.3	41.8	41.6	40.8	40.6
38.8	39.0	39.2	39.2	39.2	38.9	38.6	38.5	38.1	37.6	37.3	36.9
28.7	27.8	27.5	26.8	26.4	26.0	25.6	25.2	25.3	25.4	25.6	25.6
27.7	27.9	28.0	28.4	28.6	28.9	29.1	29.2	29.7	30.1	30.6	30.8
31.4	31.4	31.4	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.7	31.9	32.0	32.7
33.1	33.2	33.2	33.2	33.4	33.4	33.5	33.5	33.8	33.8	33.7	33.7
31.6	31.2	31.2	31.1	30.9	30.5	30.2	29.8	29.6	29.5	29.6	29.7
31.5	31.5	31.5	31.8	32.2	32.2	32.1	32.4	32.7	33.1	33.2	33.5
36.3	36.8	37.2	37.6	38.0	38.8	39.3	39.8	40.4	40.8	41.3	41.7
46.3	46.3	46.5	46.6	46.5	46.3	46.3	46.1	46.1	46.1	45.9	45.8
42.0	41.7	41.2	40.9	40.7	40.2	39.8	39.6	39.6	40.2	38.6	38.2
33.2	33.0	32.9	32.4	31.8	31.7	30.8	31.5	30.7	30.7	30.7	30.3
33.48	33.47	33.54	33.55	33.53	33.53	33.46	33.50	33.53	33.57	33.54	33.57
3.46	3.47	3.54	3.55	3.52	3.52	3.45	3.49	3.51	3.55	3.52	3.55

Juli 1911. 700 mm +

Da- tum	0	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	30.3	30.3	30.1	29.8	29.9	30.3	30.5	31.5	32.1	32.8	33.3	34.0
2	37.9	38.1	38.4	38.8	39.4	39.8	39.9	40.5	41.0	40.9	41.5	41.9
3	46.1	46.2	46.8	46.9	47.1	47.2	47.6	48.1	48.9	49.2	49.4	49.5
4	47.0	46.6	45.8	44.9	44.5	43.8	43.5	42.6	42.2	41.6	40.9	40.3
5	32.7	32.2	31.5	31.2	30.6	30.0	29.2	28.3	27.6	27.1	26.3	26.0
6	21.2	21.3	21.4	21.9	22.3	22.8	23.4	24.0	24.8	25.3	26.2	26.8
7	32.4	32.8	33.2	33.3	34.1	34.3	35.4	36.0	36.4	36.7	37.7	38.4
8	43.6	43.7	43.8	43.7	43.6	43.4	42.8	42.9	41.7	41.2	40.9	39.6
9	32.1	31.8	31.5	31.2	31.1	30.8	30.4	30.2	29.8	29.5	29.2	29.0
10	27.2	27.1	27.0	26.9	26.7	26.6	26.6	26.6	26.3	26.9	25.5	24.6
11	21.2	21.2	21.2	20.8	20.7	20.5	20.3	20.0	19.6	19.3	18.9	18.6
12	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.9	18.0	18.3	18.8	19.3	19.5	19.9
13	20.7	20.7	20.9	21.0	21.3	21.7	21.6	21.9	21.7	21.4	21.6	21.1
14	20.1	20.1	20.3	20.3	20.4	21.2	21.3	21.7	22.0	22.4	23.3	23.7
15	29.4	29.9	30.0	30.4	30.6	31.0	31.2	31.6	31.7	32.1	32.3	32.1
16	33.2	33.1	33.1	33.0	32.6	32.5	32.1	32.1	31.6	31.6	31.6	31.5
17	32.6	32.8	33.2	33.6	33.8	34.2	34.6	34.8	35.2	35.4	35.6	35.9
18	36.7	36.3	36.0	36.0	35.8	35.1	34.8	34.6	34.4	33.9	33.9	33.8
19	28.2	28.0	27.9	27.8	27.4	27.1	27.0	27.0	26.1	26.6	26.1	26.2
20	26.5	26.0	25.9	25.6	26.4	26.3	26.8	26.6	26.3	26.5	26.0	26.1
21	20.4	19.9	19.8	19.8	19.8	19.7	19.7	19.9	20.1	20.2	20.3	20.8
22	27.2	28.0	28.6	29.1	29.3	29.9	30.4	31.2	31.3	31.8	32.4	33.2
23	35.3	35.2	35.1	34.9	34.7	34.7	34.5	34.4	34.5	34.6	34.7	34.9
24	38.8	39.4	39.6	39.8	39.9	40.3	40.6	40.9	41.2	41.3	41.2	41.4
25	41.0	40.9	40.8	40.6	40.3	40.1	40.1	40.2	39.5	39.4	39.3	39.1
26	39.3	39.4	39.6	39.7	39.8	40.0	40.3	40.6	40.7	40.8	41.1	41.6
27	43.6	43.6	43.7	44.0	44.0	44.1	44.1	44.2	44.1	44.0	44.1	44.0
28	43.5	43.3	43.3	43.3	42.9	42.8	42.8	42.6	42.4	42.3	42.3	41.9
29	40.7	40.6	40.6	40.5	40.6	40.4	40.2	40.1	40.0	40.0	39.9	39.8
30	36.0	35.5	35.7	34.9	34.6	34.4	34.0	33.6	33.5	33.0	33.1	33.0
31	37.7	38.8	38.9	38.7	39.0	39.4	39.5	39.6	40.3	40.5	40.6	40.7
M.	32.91	32.92	32.93	32.92	32.93	32.98	33.01	33.12	33.09	33.15	33.18	33.21
Red	33.07	3.07	3.06	3.04	3.03	3.07	3.09	3.19	3.14	3.19	3.20	3.22

Juli 1911. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
34.9	35.4	36.2	36.5	36.7	36.9	37.0	37.4	37.5	37.6	37.7	37.9
42.2	42.4	43.4	43.5	43.7	44.2	44.5	44.2	44.9	45.1	45.5	46.0
49.5	49.6	49.7	49.6	49.4	49.3	48.9	48.7	48.3	48.1	47.9	47.6
39.6	39.2	38.5	37.9	37.2	36.7	36.2	35.6	35.0	34.5	33.9	33.6
24.3	24.0	23.1	22.6	22.2	21.8	21.6	21.5	21.4	21.2	21.1	21.1
27.6	28.1	28.8	29.3	29.9	30.0	30.9	31.1	31.3	31.3	31.9	32.2
38.6	39.1	40.2	40.7	40.9	41.2	41.2	42.2	42.6	43.1	43.4	43.6
38.0	37.3	36.5	36.3	35.0	34.8	34.2	34.0	33.7	33.0	32.7	32.3
28.9	28.7	28.2	27.9	27.7	27.6	27.6	27.4	27.2	27.3	27.4	27.3
24.3	23.5	23.1	22.5	22.4	22.2	21.8	21.2	21.1	21.1	21.2	21.3
18.7	17.9	18.0	17.9	17.9	17.4	17.5	17.4	17.5	17.8	17.5	17.8
20.4	20.6	20.9	21.2	21.2	21.7	21.6	21.3	21.5	21.6	21.4	21.1
20.6	20.6	20.4	20.2	19.8	19.8	19.8	19.8	19.7	19.5	19.8	19.9
24.0	24.7	25.6	26.1	26.4	26.9	27.2	27.2	27.5	28.4	29.1	29.3
32.3	32.6	32.8	32.9	33.0	33.1	33.0	32.9	32.8	33.1	33.3	33.3
30.9	30.7	30.7	30.7	30.6	30.5	30.6	30.5	30.8	31.0	31.5	31.9
36.1	36.2	36.3	36.3	36.4	36.4	36.4	36.4	36.6	36.7	36.7	36.7
33.0	32.6	31.9	31.7	30.8	31.1	30.5	30.1	30.1	29.3	28.8	28.5
26.1	26.1	26.2	26.1	26.5	26.4	26.1	26.1	26.1	26.1	26.0	26.1
25.7	25.9	25.2	25.0	24.5	23.7	23.2	22.2	21.9	21.5	21.4	21.0
21.1	21.4	22.3	22.5	23.4	23.7	24.3	24.7	25.2	25.7	26.4	27.0
33.4	33.6	34.2	34.7	34.7	34.8	34.9	35.2	35.4	35.6	35.5	35.3
34.9	35.0	35.2	35.6	36.0	36.3	36.7	37.1	37.2	37.7	38.0	38.2
41.8	41.7	41.6	41.2	41.2	41.5	41.3	41.2	41.2	41.2	40.9	41.0
38.8	38.7	38.8	38.7	38.5	38.5	38.7	38.7	38.7	38.8	38.9	39.2
42.0	42.3	42.5	43.0	43.0	42.8	42.5	42.8	43.0	43.1	43.4	43.5
44.0	44.1	44.0	44.0	44.0	44.1	44.0	43.8	43.8	43.8	43.6	43.6
41.8	41.7	41.7	41.7	41.7	41.5	41.4	40.8	40.8	40.9	41.0	40.9
39.7	39.4	39.1	39.0	38.7	38.4	38.0	37.6	37.5	37.2	36.9	36.3
33.7	33.6	33.7	33.9	34.2	34.3	34.5	35.1	35.7	36.2	36.7	37.2
40.9	41.0	41.2	41.2	41.2	41.2	41.1	40.8	40.6	40.7	40.5	40.2
33.14	33.15	33.23	33.24	33.19	33.18	33.13	33.06	33.12	33.17	33.23	33.25
3.14	3.14	3.21	3.22	3.14	3.11	3.05	2.97	3.02	3.05	3.09	3.09

August 1911. 700 mm +

Pa. mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	40.4	40.0	39.6	39.5	39.1	38.9	38.6	38.6	38.2	38.0	37.5	37.0
2	30.8	30.0	28.9	28.7	27.3	26.4	26.1	25.3	25.1	25.2	25.1	25.6
3	30.4	30.8	30.7	30.7	31.0	31.1	30.9	30.7	30.7	30.4	30.4	30.5
4	25.5	25.6	25.6	25.7	25.7	25.8	26.0	26.5	26.8	27.0	27.5	28.0
5	33.6	34.4	34.9	35.2	35.4	35.4	35.5	36.4	36.4	36.7	37.3	37.6
6	42.7	42.9	43.1	43.3	43.2	43.4	43.6	43.6	43.8	44.0	44.1	44.3
7	47.0	47.2	47.5	47.6	47.8	47.9	48.0	48.1	48.3	48.5	48.5	48.4
8	44.6	44.5	44.0	43.9	43.7	43.3	42.8	42.6	41.7	41.3	40.6	39.7
9	36.3	36.1	35.9	35.5	35.0	34.8	34.1	34.1	33.9	33.7	33.2	32.9
10	34.1	34.3	34.5	34.8	35.0	35.1	35.4	35.4	35.5	35.8	36.3	36.8
11	39.7	39.7	39.6	39.6	39.6	39.7	39.6	39.7	39.8	39.8	39.8	39.7
12	35.9	35.7	35.3	34.8	34.5	34.1	33.6	33.3	33.1	32.8	32.5	32.4
13	32.2	32.3	32.5	32.5	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
14	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	30.8	30.8	30.8	30.9	31.1	31.3
15	32.4	32.7	32.7	32.7	33.1	33.2	33.4	34.2	34.4	34.7	35.6	36.4
16	42.0	41.9	41.8	41.6	40.9	40.6	40.3	39.5	38.9	38.0	38.5	37.1
17	30.9	30.9	30.9	30.9	30.9	31.0	31.1	31.2	31.3	31.3	31.5	32.0
18	38.3	38.5	38.6	38.7	38.6	38.4	38.3	38.5	38.5	38.4	38.5	38.9
19	39.6	39.5	39.6	39.6	39.5	39.1	38.8	39.0	38.3	38.1	37.8	37.6
20	35.2	34.9	34.8	34.6	34.5	34.0	33.7	33.7	32.7	32.8	32.8	32.6
21	30.4	30.4	30.3	30.3	29.9	30.3	30.0	30.1	29.6	29.5	29.5	29.5
22	27.5	27.6	28.1	28.3	28.9	29.2	29.4	29.5	29.8	30.3	30.9	31.3
23	29.2	29.3	29.4	29.8	29.8	29.9	30.5	31.1	31.8	32.0	32.0	32.2
24	30.7	30.5	30.7	30.9	31.0	31.2	31.3	31.6	31.8	31.9	32.5	32.9
25	33.1	32.9	32.5	32.4	32.0	31.1	30.8	30.8	30.6	30.2	30.2	30.1
26	29.5	29.5	29.9	30.1	30.5	30.9	31.3	32.0	32.0	32.3	32.9	33.2
27	40.1	40.5	41.0	41.5	42.3	42.7	43.2	44.0	44.5	44.8	45.2	45.9
28	49.2	49.2	49.2	49.2	49.1	48.5	48.3	47.6	47.5	47.0	46.4	46.1
29	40.9	40.4	39.7	39.6	39.0	38.7	38.1	37.5	36.6	35.7	35.3	34.8
30	28.8	28.3	27.5	27.3	27.0	26.8	26.4	25.8	25.7	24.8	24.8	24.8
31	26.1	26.9	27.5	27.8	28.7	29.7	30.0	31.3	32.2	32.9	33.9	35.2
M.	35.09	35.11	35.07	35.10	35.04	34.99	34.91	35.00	34.93	34.88	34.99	35.07
Red.	5.05	5.07	5.03	5.07	5.01	4.97	4.89	4.98	4.92	4.87	4.98	5.07

August 1911. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
36.4	36.1	35.6	35.4	35.4	34.6	34.6	33.7	33.4	33.4	33.3	32.0
26.0	26.5	26.4	26.4	26.8	27.8	28.0	28.8	29.0	29.9	30.1	30.3
30.4	29.6	29.5	29.2	28.8	28.0	27.3	26.8	26.4	26.1	25.9	25.7
28.5	28.9	29.5	30.1	30.5	30.5	30.9	31.4	31.6	32.4	32.6	33.0
37.8	38.0	38.8	39.3	39.7	40.1	40.3	41.3	41.5	41.9	42.5	42.5
44.6	44.5	45.2	44.5	45.6	45.7	45.6	45.8	46.0	46.2	46.6	46.8
48.3	48.2	47.7	47.6	47.3	46.8	46.1	45.7	45.7	45.3	45.1	44.8
40.1	38.8	38.6	38.3	38.2	37.9	37.4	37.2	37.8	36.9	36.3	36.1
32.5	32.3	32.5	32.7	32.7	32.7	32.8	33.0	33.2	33.5	33.9	34.0
37.3	37.5	37.7	38.3	38.6	38.6	38.6	38.8	39.0	39.3	39.5	39.7
39.5	39.4	39.0	38.8	38.4	39.1	37.7	37.9	37.2	37.1	36.8	36.2
32.2	32.2	32.1	31.9	32.0	32.1	32.1	32.1	32.3	32.3	32.2	32.2
32.3	32.0	32.1	31.9	31.8	31.8	31.8	31.5	31.2	31.1	31.0	31.0
31.5	31.6	31.9	32.0	32.1	32.1	32.1	32.2	32.2	32.3	32.2	32.3
36.5	37.4	38.5	39.3	39.8	40.4	40.9	41.3	41.8	42.0	42.0	42.1
35.7	35.9	34.9	34.7	33.7	33.2	32.6	32.1	31.8	31.6	31.2	31.2
32.5	33.1	33.5	34.3	35.0	35.4	36.4	36.8	37.1	37.7	37.9	37.9
39.0	39.2	39.2	39.4	39.6	39.6	39.6	39.6	39.6	39.8	39.7	39.7
37.5	37.4	37.3	37.2	37.1	36.8	36.6	36.5	36.1	35.9	35.5	35.3
32.3	32.3	32.1	31.8	31.5	31.4	31.2	30.9	30.8	30.8	30.9	30.7
29.4	29.3	28.9	28.6	28.5	27.9	27.5	27.2	27.1	27.1	27.1	27.3
31.2	30.6	31.0	31.3	31.3	31.1	30.5	30.1	30.1	29.6	29.4	29.3
32.3	32.1	32.1	31.8	31.5	31.1	30.9	30.5	30.8	30.5	30.6	30.8
33.2	33.3	33.4	33.4	33.4	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.2
29.8	29.8	29.8	29.7	29.5	29.5	29.2	29.1	29.2	29.2	29.2	29.3
33.5	34.0	34.4	35.0	35.5	36.2	36.4	37.3	37.8	38.3	39.3	39.5
46.3	46.8	47.3	47.8	47.9	48.3	48.4	48.5	48.5	49.0	49.2	49.2
45.6	46.1	44.7	44.3	44.0	43.6	43.0	42.7	42.4	41.9	41.7	41.2
33.5	33.0	32.2	31.4	31.4	30.8	30.3	29.9	29.5	29.3	29.1	29.1
24.5	24.4	24.3	24.3	24.2	24.3	24.4	24.3	24.4	25.0	25.0	25.4
35.6	36.5	36.8	37.2	37.3	37.4	37.3	37.5	37.6	37.6	37.5	37.6
35.03	35.04	35.05	35.07	35.13	35.10	34.96	34.96	34.96	35.04	34.95	35.02
5.03	5.04	5.07	5.08	5.14	5.12	4.98	4.98	4.99	5.07	5.09	5.07

September 1911. 700 mm +

Da- tum	0	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	37.5	37.6	37.6	37.6	37.6	37.7	37.8	37.8	37.8	37.9	38.3	38.3
2	39.0	38.9	38.9	38.8	38.5	38.4	38.4	38.2	38.1	38.1	38.4	38.6
3	40.8	41.0	41.0	41.0	41.0	41.3	41.3	41.2	41.1	41.2	41.4	41.7
4	43.3	42.9	42.8	42.6	42.6	41.9	41.7	41.4	41.2	41.1	41.1	41.0
5	34.5	34.1	33.7	33.1	32.9	32.6	31.9	31.4	31.1	31.0	31.0	31.0
6	31.8	32.2	32.5	32.8	32.8	33.1	33.2	33.8	34.2	34.4	34.9	35.7
7	41.5	42.0	42.1	42.6	43.1	43.5	44.0	44.3	44.5	44.5	45.2	45.4
8	48.8	48.7	48.6	48.4	48.2	48.0	47.8	47.7	47.2	47.0	47.1	46.8
9	41.6	40.7	40.2	39.8	39.3	39.7	39.0	37.8	37.3	37.4	37.4	36.9
10	33.2	33.1	33.0	32.9	32.9	32.8	32.7	32.7	32.7	32.7	33.0	33.0
11	35.1	35.3	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.4	35.0	34.8	34.7	34.6
12	32.3	31.8	31.5	30.8	30.2	29.8	29.4	28.9	28.1	27.4	27.8	27.9
13	28.0	28.2	28.3	28.4	28.5	28.7	28.9	29.0	29.0	28.9	28.9	29.1
14	26.2	26.2	26.1	26.0	26.0	25.9	25.8	25.8	25.6	26.0	26.3	26.8
15	31.1	31.1	31.1	31.4	31.3	31.5	31.5	31.4	31.3	31.5	31.9	32.2
16	33.9	34.3	34.4	34.5	34.6	34.6	34.7	34.9	35.3	35.6	35.8	36.1
17	35.2	35.0	34.5	34.0	33.2	32.9	32.4	32.1	31.2	31.0	30.8	30.5
18	25.0	24.9	24.8	24.8	24.9	24.8	25.1	25.2	24.6	25.4	25.6	26.4
19	29.3	29.6	29.8	30.6	30.7	31.5	32.8	33.8	34.1	35.0	35.0	36.4
20	39.9	39.9	40.0	40.1	40.3	40.3	40.5	40.8	41.6	41.8	42.2	42.6
21	46.0	46.0	46.1	46.2	46.1	46.3	46.4	46.9	47.1	47.2	47.3	47.5
22	48.3	48.3	48.3	48.1	48.1	48.1	48.1	48.3	48.2	48.0	48.0	47.9
23	46.5	46.3	46.0	45.8	45.7	45.3	45.2	45.1	44.3	44.1	44.0	43.3
24	36.6	36.1	35.5	35.0	34.4	34.1	33.3	32.9	32.3	31.5	30.9	30.2
25	27.0	27.0	27.1	27.0	26.9	26.9	26.8	27.0	26.9	26.9	26.9	27.0
26	28.6	28.9	29.3	29.5	29.5	29.6	29.7	29.7	29.8	29.9	29.9	29.7
27	30.2	29.6	28.9	28.0	27.8	27.4	26.9	26.8	26.6	26.2	25.8	25.5
28	24.9	25.1	25.2	25.2	25.1	25.1	24.9	25.1	25.1	24.8	24.4	24.1
29	18.9	19.8	20.0	20.7	20.9	21.9	22.0	22.9	23.1	23.6	24.0	24.6
30	24.4	23.8	23.3	22.9	22.1	21.1	20.7	19.9	19.0	18.6	18.4	17.7
M.	34.63	34.61	34.53	34.47	34.35	34.34	34.28	34.27	34.11	34.12	34.21	34.28
Red.	34.19	4.21	4.16	4.14	4.06	4.08	4.06	4.09	4.06	4.01	4.14	4.24

September 1911. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
38.2	38.1	38.0	38.1	38.2	38.5	38.7	38.9	39.1	39.2	39.1	39.1
38.9	38.9	39.2	39.4	39.6	39.7	40.0	40.1	40.1	40.3	40.7	40.8
42.4	42.7	42.9	43.0	43.1	43.2	43.2	43.5	43.4	43.4	43.4	43.4
40.7	40.0	39.5	39.0	38.7	38.0	37.5	36.5	36.2	35.5	35.2	34.8
31.0	30.8	30.6	30.7	30.9	31.1	31.2	31.1	31.1	31.2	31.4	31.6
36.2	36.7	37.1	37.7	38.0	38.3	38.8	38.8	39.3	39.8	40.5	41.2
45.5	45.8	46.3	46.8	47.2	47.5	47.6	47.9	48.4	48.7	48.7	48.7
46.2	46.2	45.4	45.1	44.6	44.3	44.2	43.4	43.2	42.6	42.1	41.8
37.0	37.1	36.7	36.2	35.5	35.0	34.6	34.1	33.7	33.7	33.5	33.2
33.1	33.2	33.3	33.4	33.8	33.9	34.0	34.1	34.2	34.4	34.7	34.8
34.5	34.5	34.5	33.7	33.6	33.7	33.8	33.9	33.9	33.5	33.1	32.5
27.4	27.4	27.2	27.0	27.0	26.9	26.9	26.8	27.0	27.0	27.3	27.6
29.0	28.7	28.3	28.0	27.5	27.4	27.0	26.9	26.8	26.3	26.2	26.2
26.8	26.8	27.2	27.7	27.8	27.9	28.4	28.5	29.0	29.6	29.9	30.5
32.6	33.0	33.3	33.4	33.5	33.8	33.7	33.2	33.4	33.8	33.8	33.9
36.0	36.3	36.4	36.5	36.6	36.9	36.6	36.5	36.4	36.1	36.1	35.4
30.1	29.9	29.6	28.9	28.4	28.0	27.2	26.8	26.4	25.8	25.6	25.5
27.3	28.0	28.0	28.2	29.1	29.0	28.7	28.7	29.1	28.8	28.7	28.9
37.3	37.7	38.7	39.4	39.5	39.9	40.2	40.0	40.0	40.0	40.0	39.9
43.2	43.4	43.9	44.4	44.8	44.8	45.0	45.2	45.5	45.8	45.9	46.0
47.6	47.7	47.7	47.7	47.7	47.8	47.9	48.0	48.0	48.0	48.1	48.1
42.7	47.6	47.5	47.5	47.4	47.3	47.2	46.8	46.8	46.8	46.8	46.6
43.2	42.6	41.4	40.9	40.4	40.0	39.1	38.9	38.5	38.5	37.9	37.3
29.5	28.8	27.9	27.7	27.7	27.7	27.4	27.4	27.5	27.2	27.1	26.9
27.3	27.6	27.6	27.5	27.6	27.7	27.7	27.8	27.8	27.9	28.0	28.0
29.7	29.7	29.7	29.8	30.1	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.6	30.4
24.6	25.1	24.8	24.8	24.4	24.9	25.0	25.2	25.3	25.3	25.2	25.1
23.7	23.2	22.5	21.7	20.5	19.2	18.5	17.8	16.7	17.1	17.6	18.3
25.0	25.7	25.9	26.4	26.5	26.5	26.5	26.3	26.2	25.7	25.4	24.8
16.9	16.5	15.9	15.3	14.9	13.7	13.3	12.7	12.4	12.0	11.6	11.2
34.29	34.32	34.23	34.20	34.15	34.10	34.01	33.88	33.87	33.82	33.81	33.75
4.29	4.36	4.30	4.31	4.30	4.28	4.23	4.14	4.16	4.15	4.18	4.15

Oktober 1911. 700 mm +

Datum	0	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	11.3	11.4	11.5	11.8	11.9	12.2	13.5	14.0	15.2	15.8	16.8	17.1
2	28.1	28.4	29.1	29.4	29.3	29.3	29.2	29.1	28.7	28.1	27.7	27.3
3	22.8	22.3	22.0	21.7	21.3	20.8	20.7	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3
4	20.8	21.0	21.1	21.3	21.4	21.6	21.9	22.4	22.4	22.4	22.5	22.6
5	21.2	20.5	20.1	19.5	19.0	18.1	17.7	17.0	16.2	15.3	15.0	14.6
6	15.8	15.9	16.1	16.1	16.1	16.2	16.4	16.4	16.8	16.8	16.9	17.1
7	21.5	21.6	22.0	22.5	22.6	22.9	23.2	23.7	24.1	24.2	24.6	25.2
8	26.4	26.4	26.5	26.5	26.4	26.4	26.5	26.6	26.6	26.3	26.3	26.8
9	27.0	27.2	27.2	27.3	27.3	27.3	27.4	27.7	27.4	27.3	27.4	27.5
10	24.5	24.3	24.2	23.9	23.8	23.7	23.6	23.7	23.6	23.3	23.5	23.8
11	23.6	23.5	23.6	23.7	23.7	23.7	23.7	24.1	24.4	24.4	24.5	24.7
12	26.7	26.8	26.9	27.0	27.0	27.0	27.1	27.5	27.6	27.6	27.8	27.9
13	33.0	33.5	33.9	34.1	34.5	35.0	35.6	36.2	36.6	36.8	37.6	38.1
14	47.7	48.7	49.4	50.0	51.0	51.2	51.6	52.1	52.6	52.7	52.9	52.8
15	50.7	50.2	49.4	48.8	48.3	47.6	46.9	46.3	45.7	44.6	44.2	43.3
16	30.1	29.2	28.4	28.0	27.6	27.0	26.7	26.0	24.9	25.4	25.5	24.1
17	20.1	19.6	19.3	19.1	19.0	18.6	18.2	18.4	18.9	19.1	19.8	20.4
18	31.9	32.6	33.4	33.5	34.5	35.1	35.7	36.5	36.5	36.5	36.7	36.8
19	30.4	28.3	27.2	26.7	25.9	24.8	24.0	23.6	22.5	22.1	21.7	21.1
20	18.2	18.3	18.6	19.0	19.1	19.3	20.0	20.7	20.7	21.1	21.3	22.3
21	25.2	24.9	24.5	23.9	23.5	23.0	22.4	22.2	21.6	20.7	20.3	19.8
22	19.1	19.6	19.6	19.7	19.7	20.0	20.1	20.4	20.7	20.8	21.6	21.7
23	20.1	19.7	19.7	19.3	18.8	18.1	18.1	18.0	17.1	17.3	17.5	17.4
24	24.1	25.0	25.4	25.9	26.2	26.4	26.6	27.2	28.0	27.7	27.5	27.2
25	22.7	22.4	22.2	22.1	21.7	21.0	20.7	20.5	21.0	20.6	20.6	20.6
26	27.9	28.3	28.8	28.9	29.3	29.5	29.8	31.0	31.3	31.6	32.0	32.8
27	34.3	34.2	34.2	34.2	34.1	34.1	34.2	34.3	34.5	34.8	35.3	35.4
28	26.7	25.0	23.9	22.8	21.7	21.0	20.4	19.5	19.0	18.2	17.8	17.1
29	14.0	14.2	14.6	15.4	16.2	16.5	17.1	18.1	18.7	19.4	19.6	20.7
30	31.0	31.4	31.8	32.3	32.7	33.2	33.5	34.0	34.6	34.9	35.9	36.3
31	39.8	40.0	40.1	40.0	39.8	39.2	39.0	38.0	38.8	38.7	38.6	38.2
M.	26.35	26.27	26.28	26.27	26.24	26.12	26.18	26.35	26.35	26.28	26.44	26.48
Red.	26.70	6.59	6.57	6.53	6.47	6.32	6.35	6.50	6.47	6.37	6.50	6.51

Oktober 1911. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
18.6	19.5	20.2	20.9	22.1	22.9	23.8	24.8	25.4	26.1	26.9	27.3
26.7	26.4	26.1	25.8	25.3	24.9	24.6	24.4	24.2	23.4	23.3	23.1
20.0	20.0	19.7	19.2	19.4	19.4	19.4	19.5	19.7	19.9	20.0	20.5
22.5	22.7	22.7	22.9	23.0	22.9	22.8	22.6	22.5	22.4	22.1	21.6
14.0	13.9	13.8	13.6	13.8	14.0	14.1	14.5	15.0	15.2	15.4	15.7
17.3	17.5	17.8	18.1	18.4	18.6	18.9	19.4	19.6	20.0	20.5	20.8
25.4	25.8	25.9	25.9	25.9	26.0	26.1	26.1	26.2	26.2	26.2	26.3
26.9	26.8	26.9	27.1	27.0	26.9	26.8	26.6	26.8	26.8	26.8	26.9
27.5	27.5	27.6	27.5	27.2	27.0	26.8	26.5	26.1	25.5	25.3	25.1
23.8	23.9	23.8	23.8	23.8	23.6	23.5	23.5	23.6	23.6	23.6	23.6
24.8	25.1	25.3	25.4	25.3	25.5	25.8	25.7	25.7	25.7	26.2	26.5
28.1	28.4	29.0	29.3	29.5	29.9	30.6	31.0	31.4	31.9	32.2	32.5
39.0	39.8	40.4	41.2	41.6	42.3	43.1	43.5	44.1	44.6	45.6	46.7
53.0	53.1	53.4	53.1	53.0	52.6	51.8	51.6	51.6	51.6	51.4	51.4
42.1	41.1	40.8	39.0	37.8	36.8	35.5	34.5	33.3	32.8	32.1	31.1
23.6	23.6	23.2	23.0	22.6	22.4	21.8	21.3	20.9	20.3	20.3	20.1
21.0	22.0	23.2	23.8	25.4	26.0	27.0	28.1	28.9	29.6	30.2	31.2
36.9	36.9	37.0	37.1	36.9	36.4	36.0	35.3	34.7	33.6	32.6	31.4
20.3	20.0	19.4	18.6	18.5	18.0	17.8	17.8	17.8	18.0	18.0	18.1
22.7	23.4	23.6	23.8	23.9	24.1	24.5	24.9	25.0	25.3	25.4	25.3
18.4	17.9	17.4	17.7	17.7	17.9	18.0	18.3	18.6	18.8	19.1	19.1
22.2	22.3	22.5	22.6	22.6	22.6	22.4	22.1	21.7	21.8	21.4	20.8
17.8	17.9	18.2	18.9	19.5	19.1	20.3	21.3	22.1	22.5	23.1	23.8
26.8	26.2	26.2	26.1	25.5	25.0	24.7	24.1	23.5	23.5	23.3	23.1
20.7	21.3	21.7	22.0	22.3	23.4	24.6	26.1	26.7	27.3	27.3	27.3
33.3	33.5	34.0	34.3	34.5	34.6	34.5	34.3	34.4	34.3	34.3	34.3
35.4	35.2	35.0	34.8	34.0	33.8	32.4	31.6	29.6	28.6	28.2	27.2
16.7	16.2	15.3	15.0	14.6	14.1	14.0	13.8	13.8	13.8	13.9	14.0
21.2	21.5	22.2	23.1	23.6	25.1	25.9	26.3	28.2	29.2	29.5	30.5
37.1	37.6	38.0	38.1	38.5	38.7	38.9	39.0	39.6	39.8	39.8	39.8
37.9	37.9	37.9	37.7	37.7	37.3	37.2	37.3	37.3	37.5	37.7	37.7
26.51	26.61	26.74	26.75	26.80	26.83	26.89	26.96	27.03	27.08	27.15	27.19
6.51	6.58	6.68	6.66	6.68	6.68	6.72	6.76	6.80	6.82	6.86	6.87

November 1911. 700 mm +

Da- tum	0	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	37.7	37.7	37.7	37.8	37.9	38.2	38.2	39.0	39.5	39.8	40.3	40.8
2	43.4	43.5	43.2	43.1	43.1	43.0	42.8	42.9	43.0	42.5	42.3	41.0
3	38.9	38.8	38.7	38.6	38.8	38.4	38.3	38.4	38.8	38.6	38.8	38.8
4	41.3	41.8	42.3	42.5	43.1	43.4	43.8	44.4	45.1	45.5	46.3	46.9
5	50.3	50.2	50.1	50.0	50.0	49.7	49.3	49.0	48.6	48.6	48.6	48.7
6	49.5	49.5	49.5	49.7	50.0	50.2	50.2	50.2	50.0	50.0	50.0	49.8
7	44.7	44.6	44.7	44.7	44.4	44.0	43.9	43.9	43.7	43.7	43.9	43.9
8	45.1	45.2	45.3	45.4	45.5	45.6	45.7	46.3	46.0	45.8	45.5	45.0
9	40.1	40.4	40.2	39.9	39.8	39.7	39.8	39.9	39.9	40.0	39.8	39.7
10	40.7	40.9	41.2	41.5	41.6	41.6	41.8	41.9	42.2	42.3	42.5	42.7
11	43.6	43.6	43.6	44.0	44.0	43.9	43.9	44.0	44.2	44.7	44.9	44.9
12	46.4	46.5	46.6	46.7	46.8	46.9	47.1	47.4	47.6	48.1	48.4	48.5
13	49.5	49.7	49.9	50.0	50.1	50.2	50.4	50.5	50.3	50.5	50.6	50.7
14	49.5	49.4	49.4	49.3	49.2	49.0	48.9	48.7	48.8	49.1	49.3	49.5
15	49.8	49.9	49.9	49.7	49.8	49.7	49.5	49.4	49.4	49.8	50.1	50.2
16	49.1	48.7	48.5	48.2	47.8	47.5	47.2	46.9	46.6	46.3	46.6	46.8
17	45.2	45.1	45.0	44.8	44.4	44.2	44.0	43.9	43.9	43.7	43.5	43.5
18	42.7	42.8	42.9	43.0	43.1	43.1	43.2	43.2	43.4	44.0	44.3	44.8
19	46.4	46.8	46.9	46.9	47.1	46.8	46.9	47.0	47.2	47.1	47.0	47.2
20	47.9	47.9	48.0	48.0	48.0	48.1	48.3	48.2	48.2	48.0	48.1	48.2
21	51.5	51.5	51.6	51.7	51.7	51.7	51.8	51.8	52.1	52.4	52.6	52.7
22	54.7	54.9	55.1	55.3	55.4	55.4	55.7	55.7	55.7	56.1	56.3	56.3
23	58.8	58.8	58.9	58.9	59.1	59.1	59.0	58.9	59.0	59.1	59.1	59.2
24	61.6	61.8	61.9	62.0	62.1	62.1	62.1	62.1	62.2	62.1	61.8	61.9
25	59.9	59.7	59.3	59.0	58.7	58.4	57.8	57.6	57.1	56.8	56.2	55.9
26	51.7	51.5	51.1	50.5	50.0	49.6	49.2	48.8	48.1	48.1	47.4	47.5
27	47.5	47.9	48.1	48.3	48.4	48.6	48.9	49.2	49.9	50.8	51.0	51.6
28	54.7	54.9	55.0	55.2	55.6	56.0	56.2	56.4	56.9	57.5	57.8	58.0
29	58.2	58.3	58.2	58.1	58.2	57.5	57.1	57.0	56.9	56.7	56.8	56.9
30	56.0	56.0	56.0	55.9	55.8	55.6	55.5	55.6	55.7	55.6	55.7	55.9
M.	48.55	48.61	48.63	48.62	48.65	48.57	48.55	48.61	48.67	48.78	48.85	48.91
Red.	48.87	8.89	8.89	8.85	8.86	8.75	8.71	8.74	8.77	8.86	8.90	8.94

November 1911. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
41.7	42.0	42.4	42.6	42.7	43.1	43.1	43.0	43.0	43.3	43.3	43.4
41.3	40.5	39.8	39.5	39.1	39.8	39.8	39.3	39.0	38.9	38.9	39.1
38.7	38.8	38.7	39.1	39.2	39.4	39.3	39.6	40.0	40.1	40.7	41.0
47.2	47.4	48.2	48.7	49.0	49.2	49.3	49.7	49.7	50.3	50.2	50.2
49.0	49.4	49.7	49.6	49.3	49.2	49.6	49.6	49.7	49.8	49.8	49.7
49.4	49.2	49.1	48.7	48.0	47.6	46.9	46.5	46.0	45.9	45.4	44.9
44.0	44.1	44.0	44.1	44.1	44.0	43.8	43.8	44.1	44.5	44.6	44.9
44.3	44.0	43.0	43.5	42.1	41.6	41.3	41.1	40.6	40.4	40.3	40.1
39.6	39.6	39.7	39.8	39.8	39.7	39.7	39.8	39.8	40.0	40.3	40.7
42.9	43.1	43.2	43.1	43.2	43.2	43.3	43.6	43.7	43.7	43.6	43.6
44.9	44.9	45.2	45.7	45.7	45.6	45.5	45.4	45.9	45.9	46.3	46.3
48.7	48.9	49.1	48.8	48.8	48.8	49.0	49.4	49.4	49.3	49.4	49.5
50.3	50.4	50.8	50.5	50.4	50.1	49.9	49.8	49.8	49.5	49.4	49.4
49.7	50.2	50.6	50.4	49.4	49.7	49.5	49.3	49.2	49.6	49.8	49.8
50.3	50.6	50.8	50.4	50.3	50.3	50.3	50.2	50.5	50.0	49.7	49.4
46.3	46.4	46.6	46.5	46.4	46.3	46.1	45.7	45.4	45.4	45.3	45.3
43.1	42.7	42.9	42.5	42.4	42.1	42.6	42.8	42.8	42.8	42.7	42.7
45.2	45.6	46.0	46.3	46.3	46.2	46.1	46.0	46.0	46.0	46.1	46.1
47.4	47.5	47.6	47.6	47.7	47.7	47.8	47.7	47.8	47.7	47.9	47.9
48.2	48.3	48.4	48.7	48.9	49.2	49.7	50.2	50.6	50.7	51.2	51.4
53.3	53.5	53.8	53.9	53.9	54.2	54.4	53.9	54.2	54.3	54.4	54.6
56.4	56.6	57.2	57.3	57.4	57.5	57.7	57.8	57.9	58.2	58.3	58.3
59.4	60.1	60.4	60.4	60.4	60.6	61.1	61.3	61.5	61.5	61.5	61.6
62.4	62.2	62.3	62.2	61.9	61.6	61.4	60.9	60.6	60.4	60.2	60.1
55.3	55.2	55.0	54.8	54.5	54.0	53.4	53.1	52.7	52.4	52.1	51.9
46.8	46.9	46.9	46.9	46.8	46.9	47.0	46.5	46.6	46.8	47.1	47.4
52.2	52.5	52.6	53.0	53.2	53.4	53.6	53.8	54.0	54.2	54.4	54.4
58.6	58.9	59.1	59.1	59.0	59.0	59.0	58.8	58.7	58.6	58.5	58.4
57.1	57.3	56.9	56.7	56.6	56.5	56.5	56.5	56.4	56.3	56.2	56.1
55.9	56.0	56.1	56.2	56.2	56.3	56.3	56.4	56.6	56.7	56.5	56.5
48.92	49.09	49.20	49.22	49.09	49.09	49.14	49.05	49.07	49.11	49.14	49.16
8.92	9.06	9.15	9.14	8.99	8.86	8.94	8.87	8.86	8.85	8.88	8.88

Dezember 1911. 700 mm +

Da- tum	o	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	56.5	56.5	56.5	56.5	56.3	56.3	56.2	56.3	56.4	56.5	56.8	56.8
2	56.2	56.8	56.9	57.0	57.0	57.0	57.0	57.1	57.1	57.2	57.3	57.2
3	54.4	53.9	53.6	53.0	52.7	52.6	52.3	51.9	52.0	52.1	52.8	53.3
4	56.7	56.6	56.5	56.4	55.7	55.5	56.5	55.1	54.2	53.2	52.5	51.5
5	45.3	45.3	45.4	45.4	45.4	45.3	45.2	45.1	45.2	45.7	46.0	46.1
6	42.9	42.9	42.9	43.0	43.0	43.1	43.3	43.6	43.9	44.1	44.0	44.3
7	44.5	45.5	46.0	46.8	47.4	47.4	48.9	50.2	50.7	51.9	52.7	53.3
8	58.2	58.7	58.7	58.8	59.1	59.4	59.5	59.6	59.8	59.5	59.7	60.5
9	63.5	63.9	64.5	64.7	64.8	65.3	65.3	65.4	65.7	64.9	64.7	64.1
10	54.6	54.0	53.4	52.7	51.8	51.2	50.6	50.2	50.4	50.2	49.6	49.6
11	47.1	47.1	47.0	46.7	46.5	46.3	45.9	45.7	45.8	45.8	45.5	45.3
12	43.1	43.0	42.9	42.8	42.3	42.2	41.9	41.7	41.7	41.7	41.8	41.9
13	43.2	43.2	43.2	43.3	43.2	43.2	43.1	43.1	43.2	43.1	43.2	43.3
14	42.8	42.8	42.8	42.9	42.9	43.0	43.0	43.1	43.2	43.2	43.3	43.6
15	43.6	43.8	43.9	43.9	43.9	44.5	44.7	45.2	45.6	46.2	46.7	47.0
16	52.6	53.1	53.5	53.8	54.0	54.3	54.5	54.6	55.0	55.5	55.7	56.0
17	57.8	57.6	57.5	57.2	56.9	56.8	56.6	56.3	56.0	55.7	55.5	55.2
18	53.5	53.4	53.3	53.2	53.1	53.1	52.9	52.8	52.7	52.2	52.0	52.1
19	53.0	53.1	53.4	53.6	53.6	53.7	53.9	54.1	54.7	54.7	54.8	55.0
20	58.1	58.2	58.2	58.3	58.3	58.4	58.4	58.5	58.5	58.5	58.5	58.4
21	56.3	56.0	55.7	55.4	55.1	54.8	54.7	54.6	54.5	54.6	54.4	54.4
22	55.0	55.0	55.0	54.9	54.8	54.8	54.7	54.7	54.3	54.1	54.2	54.1
23	52.9	52.9	52.9	53.0	52.9	53.0	53.3	53.5	53.8	54.1	54.2	54.6
24	56.5	56.6	56.6	56.6	56.6	56.7	56.7	56.8	56.9	56.9	56.8	56.8
25	56.4	56.3	56.3	56.3	56.2	56.0	55.8	55.5	55.5	55.6	55.6	55.5
26	55.5	55.6	55.8	55.9	56.0	56.0	55.9	56.1	56.2	56.4	56.3	56.4
27	58.5	58.2	58.4	58.5	58.6	58.7	58.8	59.1	59.3	59.4	59.5	59.5
28	59.4	59.4	59.3	59.3	59.2	59.2	59.2	59.2	59.1	59.1	59.2	59.3
29	58.8	58.7	58.8	58.6	58.5	58.4	58.2	58.2	57.9	57.8	57.8	57.8
30	57.6	57.7	57.5	57.5	57.4	57.4	57.3	57.2	57.0	56.7	56.5	56.4
31	55.2	55.0	54.7	54.4	54.2	54.1	54.0	53.8	53.5	53.3	53.0	53.1
M.	53.22	53.25	53.26	53.24	53.15	53.15	53.17	53.17	53.22	53.22	53.25	53.30
Red.	53.16	3.20	3.21	3.20	3.11	3.12	3.14	3.15	3.20	3.21	3.24	3.30

Dezember 1911. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
56.9	57.0	57.0	57.0	56.8	56.8	56.7	56.5	56.5	56.5	56.4	56.4
56.8	56.7	56.7	56.6	56.4	56.3	56.0	55.6	55.2	55.1	54.8	54.6
53.9	54.6	54.9	55.3	55.6	55.8	56.1	56.4	56.5	56.7	56.8	56.8
50.7	49.9	49.3	48.2	47.6	47.3	47.1	46.5	46.3	45.7	45.5	45.3
46.0	45.8	45.1	44.8	44.2	43.8	43.6	43.3	43.0	42.9	43.0	43.0
44.3	44.3	44.3	44.3	44.4	44.2	44.1	44.3	44.2	44.2	44.2	44.4
54.0	54.8	55.3	55.9	56.4	56.6	56.8	57.0	57.4	57.8	57.8	58.0
60.7	60.9	61.5	61.6	61.5	61.7	61.8	62.2	62.4	62.4	62.4	62.7
63.9	63.1	62.5	61.3	60.4	59.5	58.7	58.1	57.8	56.6	55.6	55.2
49.8	49.6	49.4	49.1	49.0	48.7	48.4	48.2	48.1	47.6	47.4	47.3
45.5	45.5	45.3	45.0	44.7	44.2	44.2	44.3	44.2	43.7	43.5	43.2
42.1	42.2	42.1	42.1	42.4	42.7	43.1	43.0	43.1	43.3	43.3	43.3
43.5	43.6	43.6	43.4	43.3	43.2	43.3	43.1	43.0	42.9	42.9	42.8
43.7	43.9	43.9	43.8	43.8	43.5	43.5	43.4	43.4	43.4	43.5	43.5
47.5	48.2	48.5	49.1	49.3	49.7	50.3	50.7	51.0	51.2	51.4	51.9
56.4	56.7	57.0	57.5	57.6	57.5	57.4	57.3	57.6	57.7	57.9	57.9
55.2	55.1	55.1	54.7	54.5	54.2	54.0	53.8	53.8	53.8	53.6	53.6
52.2	52.2	52.0	52.3	52.3	52.3	52.3	52.4	52.4	52.6	52.7	52.9
55.8	55.9	56.4	56.6	56.8	57.2	57.2	57.3	57.4	57.7	57.9	58.0
58.5	58.5	58.4	58.3	57.9	57.8	57.4	57.3	57.1	56.8	56.7	56.5
54.6	54.6	54.3	54.3	54.5	54.8	55.0	55.1	55.1	54.9	54.7	55.0
54.1	54.1	54.0	53.9	53.5	53.4	53.2	53.0	52.9	52.9	52.9	52.9
55.0	55.3	55.5	55.5	55.6	55.7	55.9	56.4	56.4	56.4	56.5	56.5
56.9	57.1	57.2	57.1	57.0	57.0	57.0	56.9	56.8	56.6	56.5	56.4
55.3	55.3	55.2	55.1	55.0	55.1	55.1	55.2	55.1	55.2	55.2	55.3
56.6	56.6	56.6	56.6	56.7	56.8	56.9	57.3	57.5	57.7	57.7	57.9
59.6	59.7	59.7	59.7	59.7	59.0	59.4	59.4	59.5	59.6	59.5	59.5
59.0	59.3	59.3	59.2	59.2	59.2	59.1	58.9	58.9	59.0	58.8	58.8
57.8	57.9	57.9	57.9	57.7	57.5	57.5	57.6	57.7	57.8	57.7	57.7
56.5	56.5	56.5	56.5	56.2	55.8	55.6	55.6	55.6	55.5	55.4	55.2
52.9	52.6	52.6	52.6	52.1	52.3	52.5	52.4	52.7	52.6	52.6	52.5
53.41	53.50	53.45	53.40	53.29	53.21	53.20	53.19	53.18	53.12	53.06	53.06
3.41	3.50	3.46	3.41	3.31	3.23	3.23	3.22	3.22	3.16	3.11	3.11

Januar 1912. 700 mm +

Da- tum	0	1 a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	52.4	52.5	52.6	52.5	52.4	52.3	52.2	52.5	52.6	52.5	52.5	52.2
2	51.3	51.3	51.3	51.3	51.2	51.1	50.9	50.8	50.5	50.3	50.1	49.9
3	49.1	49.2	49.1	49.1	49.1	48.9	48.8	48.7	48.7	48.5	48.4	48.4
4	49.1	49.2	49.3	49.5	49.5	49.6	49.8	50.0	50.3	50.4	50.6	50.8
5	51.0	50.8	50.9	50.9	50.9	50.9	51.0	50.9	50.8	51.0	51.2	51.4
6	51.8	51.7	51.8	51.9	51.8	51.8	51.8	51.6	51.6	51.6	51.4	51.4
7	46.9	46.5	46.2	45.9	45.5	45.1	44.8	44.3	43.9	43.6	43.1	43.0
8	39.4	39.2	38.9	38.7	38.3	38.0	37.8	37.6	37.5	36.8	37.0	37.1
9	37.8	37.9	38.0	38.0	38.0	38.3	38.6	38.8	39.2	39.4	39.8	40.4
10	42.3	43.5	43.7	43.9	44.1	44.3	44.4	44.6	45.0	45.2	45.5	45.6
11	45.4	45.3	45.3	45.0	44.6	44.1	43.6	43.3	43.0	42.3	42.1	41.9
12	40.9	40.8	40.9	40.8	40.7	40.4	40.3	40.2	40.2	40.3	40.5	40.7
13	39.0	38.8	38.5	38.0	37.9	37.7	37.4	37.2	37.2	37.1	37.2	37.2
14	36.9	36.9	37.1	38.2	37.5	37.6	37.7	37.9	38.3	38.8	40.0	40.5
15	45.8	45.9	46.2	46.4	46.5	46.8	46.9	47.0	47.4	48.1	48.1	48.4
16	50.4	50.5	50.5	50.3	50.2	50.1	50.0	49.9	49.6	49.7	49.4	48.9
17	46.5	46.3	46.0	45.7	45.5	45.3	45.2	45.1	44.8	45.1	44.8	45.0
18	46.5	46.5	46.4	46.4	46.4	46.3	46.4	46.4	46.4	46.4	46.0	46.1
19	44.7	44.6	44.6	44.7	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.8	44.9	45.0
20	46.5	46.9	46.8	46.9	47.0	47.1	47.0	47.1	47.3	47.4	47.1	46.6
21	45.6	45.6	45.5	45.4	45.3	45.2	45.2	45.4	45.4	45.6	45.8	46.1
22	47.1	47.5	47.6	47.7	47.9	48.0	48.2	48.2	49.0	48.8	48.8	49.0
23	51.0	51.0	51.1	51.1	51.2	51.2	51.3	51.4	51.5	51.7	51.6	51.6
24	51.1	51.1	51.1	51.5	51.6	51.7	51.6	51.5	51.6	51.6	51.7	51.8
25	51.2	50.9	50.5	50.0	49.8	49.2	48.3	47.8	47.5	47.0	46.8	46.5
26	41.5	41.4	41.5	41.6	41.6	41.7	41.6	42.1	42.3	42.3	42.3	42.3
27	42.3	43.3	43.3	43.5	43.6	43.7	43.7	44.3	43.8	43.7	43.9	43.9
28	41.6	41.8	41.8	41.9	41.9	42.3	42.6	43.1	43.6	43.4	43.4	43.8
M.	45.90	45.96	45.95	45.96	45.88	45.83	45.77	45.82	45.84	45.84	45.86	45.95
Red.	45.78	5.85	5.85	5.87	5.80	5.76	5.71	5.77	5.80	5.81	5.84	5.84

Januar 1912. 700 mm +

12	1 p	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
52.2	52.0	51.9	51.9	51.8	51.8	51.7	51.6	51.6	51.5	51.3	51.4
49.8	49.8	49.9	49.9	49.6	49.5	49.0	49.0	49.1	49.3	49.2	49.2
48.5	48.5	48.5	48.3	48.4	48.3	48.3	48.3	48.4	48.6	48.5	49.0
50.9	51.0	51.0	51.0	51.0	51.1	51.1	51.2	51.2	51.2	51.1	51.1
51.5	51.7	51.9	52.0	51.9	51.7	51.6	51.5	51.6	51.8	51.8	51.8
51.3	51.2	50.9	50.5	50.0	49.4	49.0	48.5	48.3	48.0	47.7	47.4
42.6	42.1	41.9	41.7	41.2	41.0	40.9	40.6	40.2	40.0	39.8	39.6
37.2	37.4	37.6	37.5	37.5	37.4	37.3	37.3	37.1	37.3	37.5	37.6
40.9	41.3	41.7	42.1	42.1	42.2	42.2	42.2	42.2	42.4	42.5	42.8
45.7	45.8	45.9	46.0	46.1	46.1	45.8	45.7	45.7	45.6	45.5	45.3
41.7	41.4	41.2	41.1	41.0	41.1	41.0	41.0	41.1	41.0	40.9	40.9
40.9	41.0	41.2	41.2	41.0	40.8	40.4	40.0	40.0	39.6	39.5	39.2
37.3	37.4	37.2	37.2	36.9	36.8	36.7	36.6	37.1	37.2	37.2	36.7
41.3	42.1	43.0	43.3	43.4	43.7	43.9	44.1	44.1	44.7	44.9	45.4
48.5	48.5	48.6	48.7	49.0	49.2	49.4	49.7	49.9	50.1	50.3	50.5
48.9	48.9	48.5	48.0	47.8	47.7	47.4	47.0	46.9	46.9	46.7	46.6
45.0	45.1	45.2	45.3	45.5	45.5	45.6	46.0	46.0	46.4	46.4	46.4
46.3	45.9	46.1	45.7	45.4	45.3	45.1	44.9	44.8	45.0	44.9	44.9
45.1	45.3	45.5	45.8	45.8	46.0	46.0	45.8	45.8	46.1	46.4	46.3
46.8	46.9	47.0	46.9	46.8	46.7	46.3	46.1	45.9	45.9	45.7	45.6
46.5	46.7	46.8	46.9	47.1	46.9	46.8	46.6	46.8	47.1	47.3	47.1
49.4	49.6	49.6	49.9	50.0	50.2	50.2	50.3	50.5	50.6	50.9	50.9
51.6	51.6	51.7	51.7	51.7	51.6	51.5	51.6	51.3	50.7	51.0	51.1
51.7	51.7	51.8	51.9	52.0	52.3	52.3	52.1	51.9	52.1	51.9	51.7
46.3	46.3	45.6	45.4	44.6	44.2	43.2	42.2	42.1	41.2	41.7	41.6
42.4	42.3	42.4	42.4	42.6	42.7	42.6	42.6	42.5	42.5	42.6	42.8
43.9	43.9	43.6	43.5	43.1	42.9	42.1	42.1	41.4	41.6	41.6	41.5
43.6	43.6	43.9	43.7	43.4	43.3	42.8	42.3	42.5	42.5	42.5	42.8
45.99	46.04	46.07	46.05	45.97	45.90	45.72	45.58	45.57	45.59	45.62	45.62
5.99	6.05	6.09	6.05	6.01	5.95	5.78	5.65	5.65	5.68	5.72	5.73

An derselben Wand stand der Barograph dicht neben den Barometern. Der Barograph war ein Richard, kleines Modell, Ordinate 1 mm. = 1 mm., Abscisse 2 Stunden = 3 mm. Jeden Montag um 8 a wurde das Papier gewechselt und jeden Tag um 2 p die Zeit angemerkt. Im allgemeinen ist die Uhr gut gegangen.

Die Ablesungen der Barographenkurve um 8 a, 2 p und 8 p, verglichen mit den gleichzeitigen Werten des Luftdrucks aus dem Quecksilberbarometer Adie, ergaben die Korrekturen der Barographenablesungen zu diesen Stunden. Für die Zwischenstunden wurden die Korrekturen durch lineare Interpolation bestimmt. Die Korrekturen schwankten an einem Tage um einige Zehntel Millimeter.

Die vorstehenden Tabellen enthalten die korrigierten Barographenablesungen für jede Stunde der Monate April 1911 bis Januar 1912. Ausnahmen bilden der 1. und 5. April, an welchen Tagen die Registrierungen unvollständig waren, und wegen des Aufbruchs der Expedition die 3 letzten Tage des Januars.

Das arithmetische Mittel M der Stundenwerte wurde korrigiert für den monatlichen Gang des Luftdrucks und die reduzierten Werte stehen in der letzten Zeile »Red.«. Diese Zahlenreihen bringen die tägliche Periode des Luftdrucks zum Ausdruck. Noch besser geschieht dies durch die Abweichungen der Stundenwerte von ihrem Mittel oder dem Monatsmittel.

Die folgende Tabelle gibt diese Abweichungen in Hundertsteln Millimetern an.

h	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.
0	+ 3	+32	+ 3	- 4	+ 3	+ 1	+10	- 2	- 1	- 6
1 a	- 2	+ 4	+ 7	- 4	+ 5	+ 3	- 1	0	- 3	+ 1
2	-11	+ 8	+ 5	- 5	+ 1	- 2	- 3	0	- 2	+ 1
3	-13	- 1	+ 7	- 7	+ 5	- 4	- 7	- 4	- 3	+ 3
4	-27	- 4	0	- 8	- 1	-12	-13	- 3	-12	- 4
5	-51	-13	+ 2	- 4	- 5	-10	-28	-14	-11	- 8
6	-57	-18	- 4	- 2	-13	-12	-25	-18	- 9	-13
7	-44	-17	+ 3	+ 8	-13	- 9	-10	-15	- 8	- 7
8	-29	-18	- 6	+ 3	-10	-12	-13	-12	- 3	- 4
9	-32	-18	- 8	+ 8	-15	-17	-23	- 3	- 2	- 3
10	-21	-20	+ 2	+ 9	- 2	- 4	-10	+ 1	+ 1	0
11	+ 2	- 1	+ 2	+11	+ 5	+ 6	- 9	+ 5	+ 7	0
12	+ 1	- 7	- 5	+ 3	+ 1	+11	- 9	+ 3	+18	+15
1 p	+14	- 5	- 6	+ 3	+ 2	+18	- 2	+16	+27	+21
2	+32	+ 4	+ 1	+10	+ 5	+12	+ 8	+26	+23	+25

h	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.
3	-38	+9	+2	-11	-6	+13	-6	-25	+18	-21
4	-28	+15	-1	+13	+12	-12	+8	-10	-8	+17
5	-28	+4	-1	0	-10	-10	-8	-3	0	-11
6	-19	+2	-8	-6	-4	-5	-12	+5	0	-6
7	-22	+2	-4	-14	-4	-4	-16	-2	-1	-19
8	-27	+2	-2	-9	-3	-2	-20	-3	-1	-19
9	-23	+5	+2	-6	-5	-3	-22	-4	-7	-16
10	-23	-12	-1	-2	-7	0	-26	-1	-12	-12
11	+27	+15	+2	-2	-5	-3	-27	-1	-12	-11

Die Monatsmittel sind:

April	739.26 mm.	September . . .	734.18 mm.
Mai	37.26 >	Oktober	26.60 >
Juni	33.53 >	November . . .	48.89 >
Juli	33.11 >	Dezember . . .	53.23 >
August	35.02 >	Januar	45.84 >

Die harmonische Analyse nach der Formel

$$p_x = a_0 + a_1 \sin(A_1 + x) + a_2 \sin(A_2 + 2x)$$

ergibt die folgenden Werte:

	a_1	A_1	Max.	Min.
April	0.367	178.4	6b.1 p	6b.1 a
Mai	0.138	139.3	8.8 p	8.8 a
Juni	0.028	92.5	11.8 p	11.8 a
Juli	0.076	283.3	11.1 a	11.1 p
August	0.061	165.3	7.0 p	7.0 a
September	0.083	190.7	5.4 p	5.4 a
Oktober	0.199	155.2	7.6 p	7.6 a
November	0.103	216.4	3.6 p	3.6 a
Dezember	0.120	247.9	1.6 p	1.6 a
Januar	0.113	256.0	0.9 p	0.9 a

	a_2	A_2	Max.	Min.
April	0.078	61°8	0 ^h .9 p	6 ^h .9 p
Mai	0.051	66.7	0.8 p	6.8 p
Juni	0.028	43.2	1.6 p	7.6 p
Juli	0.028	94.6	11.8 a	5.8 p
August	0.058	58.1	1.1 p	7.1 p
September	0.077	41.6	1.6 p	7.6 p
Oktober	0.105	135.1	10.5 a	4.5 p
November	0.092	45.7	1.5 p	7.5 p
Dezember	0.075	44.2	1.4 p	7.4 p
Januar	0.131	26.0	2.1 p	8.1 p

Die Amplitude a_1 der 24-stündigen Periode ist klein, durchschnittlich 0.13 mm. Sie ist am größten im Sommer und Herbst, am kleinsten im Winter.

Der Phasenwinkel A_1 schwankt zwischen 92° und 283°, oder die Stunde des Maximums von 11 a bis 11 p. Sie ist im Durchschnitt 4^h p, und am frühesten nachmittags im Sommer.

Die Amplitude a_2 der 12-stündigen Periode verläuft etwas regelmäßiger. Sie ist am größten im April und am kleinsten im Winter, durchschnittlich 0.072 mm., also kleiner als a_1 .

Der Phasenwinkel A_2 liegt in 8 von 10 Fällen im ersten Quadrant, in 2 Fällen im 2. Quadrant. Im Oktober ist er am größten. Dieser Monat hat den niedrigsten Luftdruck von nur 726.6 mm. Die Stunde des Maximums schwankt um $\pm 0^h.75$, von 10^h.5 a bis 2^h.1 p, und fällt im Durchschnitt auf 0^h.9 p.

Die nach der Formel berechneten Stundenwerte sind in Hundertsteln Millimetern in der folgenden Tabelle angegeben.

h	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.
0	+ 8	+14	+ 5	- 5	+ 6	+ 4	+16	0	- 6	- 5
1 a	- 1	+11	+ 5	- 4	+ 5	+ 4	+ 6	+ 1	- 5	0
2	-11	+ 6	+ 5	- 4	+ 3	+ 2	- 4	0	- 4	+ 2
3	-21	+ 1	+ 4	- 4	0	- 1	-14	- 4	- 6	+ 2
4	-32	- 5	+ 3	- 4	- 4	- 5	-22	- 8	- 7	+ 1
5	-39	-11	0	- 3	- 8	-10	-25	-12	- 9	- 5
6	-44	-15	- 2	- 1	-10	-13	-26	-15	-10	- 9
7	-44	-17	- 3	+ 3	-11	-15	-22	-15	- 9	-11

h	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.
8	-39	-18	-4	-4	-10	-14	-17	-13	-6	-10
9	-30	-16	-4	+7	-7	-10	-11	-8	-1	-6
10	-18	-12	-3	+9	-4	-5	-6	-1	+5	+1
11	-4	-8	-2	-11	-1	+1	-3	+6	-11	+9
12	+6	-4	-1	+10	+3	+7	-1	+12	-16	-17
1 p	+16	-1	0	+9	+5	+11	-1	+16	+20	+23
2	+24	+2	0	+7	-6	+13	-1	+18	-19	+24
3	+28	+3	0	-4	-5	-13	-1	-16	-16	+21
4	+31	+4	-1	+1	-5	-10	-1	-12	-11	-15
5	+31	+5	-1	-3	+3	+7	+5	-7	+5	+5
6	+30	+6	-2	-5	+2	+3	+11	+2	-1	-3
7	+28	+7	-2	-6	-1	0	+17	-2	-6	-12
8	+26	+10	-1	-6	+2	-1	+23	-4	-9	-16
9	+23	+12	0	-6	+2	-1	+26	-5	-10	-18
10	+20	+13	0	-5	+4	0	+26	-3	-10	-15
11	+15	+14	-3	-5	-5	+2	+23	-1	-7	-10

Nehmen wir für die Stundenwerte die Differenz zwischen Beobachtung und Berechnung, und für jeden Monat die Summe der Differenzen, ohne Rücksicht auf Vorzeichen, und dividieren wir dann mit 24, so erhalten wir als mittlere Abweichung zwischen Beobachtung und Berechnung für:

April ± 0.05 mm.

September ± 0.02 mm.

Mai 0.04 >

Oktober 0.05 >

Juni 0.02 >

November 0.03 >

Juli 0.03 >

Dezember 0.03 >

August 0.04 >

Januar 0.03 >

Das Mittel für die zehn Monate ist ± 0.034 mm. Ein Stundenmittel ist das Mittel von durchschnittlich 30 Beobachtungen. Setzen wir den Fehler von einem Stundenmittel gleich v , so haben wir im Durchschnitt:

$$\frac{v}{\sqrt{30}} = 0.034 \quad \text{oder} \quad v = \pm 0.186 \text{ mm.}$$

Dieser Fehler ist zusammengesetzt aus dem Fehler der Beobachtung und der Reduktion am Quecksilberbarometer, dem Fehler der Ablesung der registrierten Barographenkurve und dem Fehler der Korrektur dieser

auf die Quecksilberbarometerhöhe. Setzen wir den ersten $= \pm 0.1$ mm und den zweiten und dritten $= \pm 0.15$ mm, so bekommen wir:

$$v = \pm \sqrt{0.1^2 + 0.15^2} = \pm 0.18 \text{ mm},$$

was ziemlich genau mit dem Ergebnis der ersten Berechnung übereinstimmt.

Aus den Beobachtungen während nur eines Monats an einer Station mit einem so schwankenden Luftdruck wie in Framheim sind schwerlich bleibende Ergebnisse zu erwarten. In der Hoffnung, bessere und übersichtlichere Ergebnisse zu erhalten, habe ich versucht, die Beobachtungen für die Jahreszeiten zusammenzustellen, insoweit das möglich ist, also April und Mai für den Herbst, Juni, Juli und August für den Winter, September, Oktober und November für den Frühling, Dezember und Januar für den Sommer. Die Mittelzahlen für die Jahreszeiten werden dann in Hundertsteln Millimetern:

h	Herbst	Winter	Frühling	Sommer
0	+17	+1	+3	-6
1 a	+2	+1	+1	+1
2	-1	0	-2	0
3	-7	+2	-5	0
4	-15	-3	-9	-8
5	-32	-2	-17	-9
6	-37	-6	-18	-11
7	-30	+1	-11	-7
8	-24	-1	-12	-3
9	-25	-5	-14	-2
10	-20	+3	-5	0
11	+1	+6	+1	+3
12	-3	0	+2	+16
1 p	+5	0	+7	+24
2	+18	+5	+12	+24
3	+23	+6	+11	+21
4	+21	+5	+10	+12
5	+16	+3	+5	+5
6	+10	-6	+7	-3
7	+12	-7	+3	-10
8	+15	-5	+5	-10
9	+14	+1	+5	-11
10	+17	+1	+8	-12
11	+21	+2	+8	-11

Die harmonische Analyse ergibt:

	a_1	A_1	Max.	Min.
Herbst	0.232	$165^{\circ}.2$	7 h.0 p	7 h.0 a
Winter	0.017	268.9	12.0	12.0
Frühling	0.121	184.3	5.8	5.8
Sommer	0.112	294.6	1.4	1.4

	a_2	A_2	Max.	Min.
Herbst	0.101	$58^{\circ}.9$	1 h.0 p	7 h.0 a
Winter	0.035	77.2	0.4	6.4
Frühling	0.019	66.1	0.8	6.8
Sommer	0.103	33.2	1.9	7.9

Die Amplitude a_1 der 24-stündigen Periode ist im Durchschnitt 0.12 mm. Sie ist am größten im Herbst und am kleinsten im Winter.

Der Phasenwinkel A_1 schwankt zwischen 295° und 165° , oder die Stunde des Maximums zwischen Mittag und 7 p.

Die Amplitude a_2 der 12-stündigen Periode ist im Durchschnitt 0.064 mm, mit einer Schwankung von ± 0.037 mm. Sie ist am größten im Sommer und am kleinsten im Winter.

Der Phasenwinkel A_2 ist im Durchschnitt 59° und liegt immer im ersten Quadrant, mit einer Schwankung von $\pm 13^{\circ}$. Die Stunde des Maximums ist im Durchschnitt 1 h.05 p, mit einer Schwankung von ± 0.6 Stunde, zwischen 0 h.4 und 1 h.9 p.

Die nach der Formel berechneten Stundenwerte betragen in Hundertsteln Millimetern:

h	Herbst	Winter	Frühling	Sommer
0	+ 14	+ 2	+ 6	- 5
1 a	+ 9	+ 2	+ 3	- 2
2	+ 2	+ 1	- 1	- 1
3	- 8	0	- 6	- 2
4	- 19	- 2	- 10	- 5
5	- 27	- 3	- 14	- 7
6	- 32	- 3	- 17	- 10

h	Herbst	Winter	Frühling	Sommer
7	-33	- 3	-17	-10
8	-31	- 2	-15	- 8
9	-24	0	-11	- 4
10	-14	+ 2	- 6	+ 2
11	- 7	+ 4	- 1	+ 9
12	+ 4	+ 5	+ 4	+16
1 p	+11	+ 5	+ 7	+20
2	+16	+ 4	+ 9	+21
3	+17	+ 2	+10	+19
4	+17	- 1	+11	+14
5	+17	- 2	+ 8	+ 6
6	+14	- 3	+ 7	- 2
7	+13	- 4	+ 6	- 8
8	+13	- 3	+ 7	-12
9	+14	- 2	+ 7	-13
10	+16	- 1	+ 7	-12
11	+17	+ 1	+ 7	- 9

Die mittlere Abweichung zwischen Beobachtung und Berechnung wird:

Herbst.	Winter.	Frühling.	Sommer.	Mittel.
± 0.038	± 0.024	± 0.019	± 0.021	± 0.025 mm.

Die 24-stündige Periode hat kleine und ziemlich schwankende Koeffizienten und Phasenwinkel. Die Stunde des Maximums liegt in allen Jahreszeiten am Nachmittag.

Die 12-stündige Periode hat kleinere, aber nicht so schwankende Koeffizienten wie die erste Periode. Der Phasenwinkel liegt in allen Jahreszeiten im ersten Quadranten, und die Stunde des Maximums schwankt nur wenig um 1^h. Sie ist um 3 Stunden verspätet gegen die normale Stunde um 10^h, aber nach den Beobachtungen zu urteilen gut bestimmt trotz der Kleinheit der Amplitude.

OBSERVATIONS SUR LA VITESSE D'ÉCOULEMENT
ET SUR L'ABLATION DU GLACIER LILLIEHÖÖK
AU SPITSBERG 1907-1912

PAR
ADOLF HOEL

AVEC 4 PLANCHES ET 3 CARTES

(VIDENSKAPSELSKAPETS SKRIFTER. I. MAT.-NATURV. KLASSE 1916 No. 4)

UTGIT FOR FRIDTJOF NANSENS FOND

KRISTIANIA
EN COMMISSION CHEZ JACOB DYBWAD

1916

Fremlagt i den mat.naturv.klasses møte den 10. mars 1914 av professor Joh. Kiær.

CE MÉMOIRE FAIT PARTIE DES PUBLICATIONS
DE L'EXPÉDITION NORVÉGIENNE AU SPITSBERG 1909—1910
SOUS LA DIRECTION DU CAPITAINE GUNNAR ISACHSEN.

Table des matières.

	Pages
Introduction.	
Aperçu historique	1
Courte description du glacier	2
Observations sur la vitesse d'écoulement.	
Les lignes de pierre	3
Le réseau de points trigonométriques	3
Les méthodes employées	4
Tableau des résultats	7
Augmentation de vitesse vers le milieu du glacier	12
Augmentation de vitesse vers le front	13
Variations de vitesse correspondant à des modifications dans les dimensions du glacier	16
Variations indépendantes des modifications dans les dimensions du glacier	17
Variations de courte durée	17
Variations saisonnières	19
La direction de l'écoulement	22
Les observations antérieures sur la vitesse d'écoulement des glaciers du Spitsberg	23
Observations sur l'ablation.	
L'ablation du Glacier Lilliehöök	23
Importance du fœhn pour l'ablation	24
Diminution de l'ablation suivant la latitude	25
Légende des planches et des cartes	27

ERRATA.

- P. 3, ligne 3 du bas. Au lieu de: *apelle*, lisez: *appelle*.
P. 21, ligne 3. Au lieu de: *emloyer*, lisez: *employer*.
P. 23, ligne 16. Au lieu de: *impliquerait*, lisez: *impliquerait*.
P. 27, ligne 14. Au lieu de: *au-dessus*, lisez: *au-dessous*.

Introduction.

Aperçu historique. Le Glacier Lilliehöök est un des plus grands glaciers du Spitsberg. Il débouche dans la Baie Lilliehöök (Lat. Nord $79^{\circ} 18'$, Long. Est de Greenwich $11^{\circ} 42'$) qui est le rameau nord-ouest de la Baie Cross. Cette région fut visitée pour la première fois par une expédition scientifique en 1861, à savoir l'expédition de TORELL qui fit le levé d'une carte du fjord; mais il fut impossible de pénétrer jusqu'au glacier à cause de la glace provenant de celui-ci, et qui rendit la Baie Lilliehöök inaccessible pendant tout le temps que l'expédition séjourna dans ces parages¹. Une carte du Glacier Lilliehöök fut levée par la mission ISACHSEN de l'expédition du Prince Albert I^{er} de Monaco en 1906 et 1907. En 1909, j'ai publié une description préliminaire du glacier et un compte-rendu des observations sur la vitesse d'écoulement et sur l'ablation, en 1907². Plus tard j'en ai fait une description plus détaillée dans la deuxième partie des publications de l'expédition³, et j'ai aussi mentionné le glacier en plusieurs endroits dans la troisième partie⁴. En 1910, il fut visité par l'expédition de Zeppelin-Hergesell, et M. le Professeur ERICH VON DRYGALSKI, membre de cette expédition, en a fait une description⁵.

¹ K. CHYDENIUS, Svenska expeditionen till Spetsbergen år 1861 under ledning av OTTO TORELL. Stockholm 1865. P. 352.

² ADOLF HOEL, Geologiske iagttagelser paa Spitsbergenekspeditionerne 1906 og 1907, udrustede af Fyrst Albert av Monaco og ledede av ritmester Isachsen. Forelobig meddelelse. Christiania 1909. Norsk geol. tidsskr., vol. I, no. 11, p. 18.

³ GUNNAR ISACHSEN et ADOLF HOEL, Exploration du Nord-Ouest du Spitsberg entreprise sous les auspices de S. A. S le Prince de Monaco par la mission Isachsen. Deuxième partie. Monaco 1913. Résultats des camp. sc. accomplies sur son yacht par Albert I^{er}, Prince souverain de Monaco, fasc. XLI, p. 40.

⁴ ADOLF HOEL, Exploration du Nord-Ouest du Spitsberg, entreprise sous les auspices de S. A. S le Prince de Monaco, par la mission Isachsen. Troisième partie. Monaco 1914. Résultats des camp. sc. accomplies sur son yacht par Albert I^{er}, Prince souverain de Monaco, fasc. XLII.

⁵ ERICH VON DRYGALSKI, Spitzbergens Landformen und ihre Vereisung. Munich 1911. Abh. d. k. Bayer. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Kl., vol. XXV, no. 7, p. 37.

Courte description du glacier. (Carte I.) Ainsi qu'il a été mentionné plus haut, j'ai décrit le glacier à un autre endroit, c'est pourquoi je me bornerai ici à en résumer les traits principaux.

Le glacier se dirige du NNW au SSE. Ses dimensions sont les suivantes: longueur 25 km.5, largeur la plus grande 10 km., superficie 355.2 kil. carrés. Son angle d'inclinaison: $1^{\circ}43'$. La limite des neiges (c. à d. la limite entre les parties dénudées et les parties couvertes de neige du glacier) est située à une altitude de 400 mètres. Le glacier est formé par la confluence de 11 branches qui se réunissent dans une vaste cuvette. La Presqu'île du Roi Haakon divise le glacier en deux branches, dont l'une, le glacier Supan, finit à terre au fond de la Baie Möller, et l'autre, le Glacier Lilliehöök proprement dit, finit dans la Baie Lilliehöök. Ce dernier a la forme d'une langue, ayant 1 km.5 de longueur et 3 km. de largeur et se terminant dans de l'eau profonde. Sur la carte du Prince de Monaco, il est indiqué 206 mètres de profondeur à 1000 mètres en aval du front du glacier. Dans un travail récent¹, Nansen a mentionné que la profondeur est de 114 mètres à la distance de 200 mètres en aval du front, et, elle est de 140 mètres à la distance de 100 mètres. Il est donc évident qu'il y a des inégalités considérables près du glacier. Les sondages opérés par Nansen, ont été faits vers le centre du fjord; mais comme les plus grandes profondeurs du fjord se trouvent plus près de la côte est, ils n'indiquent pas le maximum des profondeurs, qui doit donc être de près de 200 mètres.

L'altitude du front du glacier au-dessus du niveau de la mer est de 13 m.5 à 47 m.3. Il est donc fort probable que l'épaisseur maximum du front du glacier est de plus de 200 mètres.

Le glacier manque presque tout à fait de moraines. Seulement sur son côté ouest, il y a de petites moraines riveraines et une moraine latérale. Sur la vaste surface du glacier on ne trouve pas la moindre pierre, les seuls points noirs qu'on y voit sont des cadavres de petits oiseaux provenant des montagnes d'oiseaux situées dans les parties supérieures du glacier. Une fine poussière donne au glacier une couleur grisâtre et y provoque une grande quantité de trous de cryoconite.

¹ FRIDTJOF NANSEN, Spitsbergen Waters. Oceanographic Observations during the Cruise of the „Veslemøy“ to Spitsbergen in 1912. Christiania 1915. Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1915. No. 2, p. 31.

Observations sur la vitesse d'écoulement.

Les lignes de pierres. La première ligne de pierres fut placée sur le glacier à une distance de 1 km. du front pendant la mission Isachsen, à la fin de juillet 1907. C'était mon intention de faire des observations deux fois par an, la première fois, le plus tôt possible, après la disparition de la neige sur la partie inférieure du glacier, c. à d. vers la fin de juillet, et la deuxième fois, le plus tard possible, avant les enneigements d'automne, c. à d. à la fin d'août. C'est ainsi que je procédai en 1907. Pendant mon expédition, en 1908, le glacier était tellement couvert de neige, les deux fois que je m'y suis rendu (le 13 et le 22 juillet), qu'il me fut impossible de trouver les pierres. En 1909, une autre ligne fut placée en amont de celle de 1907, et les deux lignes furent observées deux fois par an pendant l'expédition Isachsen en 1909 et 1910, et une fois par an pendant les expéditions dirigées par Staxrud et moi en 1911 et 1912. Les deux dernières années, j'ai en outre levé une carte détaillée de la région morainique à l'ouest du glacier (Carte III). Le front du glacier fut levé en 1906, 1910 et 1912 (Carte II). Pour mesurer l'ablation, je fis faire deux forures en 1907 et deux en 1909.

Le réseau des points trigonométriques. Pour déterminer l'emplacement des pierres, nous avons établi un réseau de points trigonométriques dans les environs du front du glacier. La position de ceux-ci est déterminée de la manière suivante: Le point 15 est déterminé par relèvement sur d'anciens points trigonométriques appartenant au réseau établi en 1906 et 1907. Les autres points sont déterminés par intersection des stations 18¹ et 15. Pour point de départ de la détermination des altitudes fut choisie la station 18, dont l'altitude était de 669 m.

Cependant des déterminations directes de l'altitude de la station 15² montrèrent que celle de la station 18 était trop basse de 10 m.5. Pour cette raison, toutes les altitudes furent corrigées d'après le résultat obtenu.

¹ GUNNAR ISACHSEN, Exploration du Nord-Ouest du Spitzberg entreprise sous les auspices de S. A. S. le Prince de Monaco par la mission Isachsen. Première partie. Monaco 1912. Résultats des camp. sc. accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco, fasc. XL, p. 61, 64. C'est la même station qu'il appelle XXV. à la page 56.

² GUNNAR ISACHSEN, l. c., p. 58, 62 et 67.

Les coordonnées des points utilisés sont les suivantes:

Nom des stations	x	y	z
J ¹	+ 9 821.5	+ 3076.0	805.0
18	+ 14 045.1	+ 3602.7	679.5
15	+ 14 281.9	- 316.4	55.2
31	+ 15 307.1	- 721.8	105.0
14 a ²	+ 15 543.4	- 229.6	20.4
30	+ 16 620.4	- 963.9	216.3
19	+ 17 061.4	- 649.7	134.3

L'origine du système des coordonnées est le point 6 au nord du Port Ebeltoft. L'axe des x passe par le point 2 près du Cap Guiszez³.

Les méthodes employées. Sur le glacier j'ai employé comme repères, des pierres prises dans la moraine riveraine sur le côté ouest du glacier. Dans la littérature glaciaire, on voit souvent des arguments contre l'emploi de pierres pour cet usage, parce qu'elles glissent facilement. J'ai tenu compte de cet inconvénient, et j'ai observé l'attitude des pierres sur le glacier. Je trouvais que les petites pierres s'enfonçaient profondément dans la glace, tandis que les grandes, après quelques temps, se trouvaient sur de petits socles de glace. Mais les pierres plates d'une grandeur moyenne c. à d. d'environ $3 \times 3 \times 1$ décimètres, s'enfonçaient de quelques centimètres dans la glace et restaient fixes et immobiles. Il n'était pas difficile de trouver des pierres de micaschiste de cette forme et de cette grandeur. Ajoutez que l'angle d'inclinaison est très petit, sur la zone où se trouvaient les pierres; il n'est jamais de plus de 2° et souvent au-dessous de 1° . De même l'ablation est aussi très faible, de la fin de juillet à la fin d'août, d'environ 0 m. 60 seulement. Il est donc impossible qu'un glissement des pierres ait eu lieu. La preuve la plus convaincante est la situation de quelques pierres sur des crêtes étroites (2 ou 3 mètres de large), entre des crevasses profondes, où elles sont restées plusieurs années.

En deux endroits j'ai employé comme repères des bâtons de frêne placés dans des forures. Ces forures servaient aussi pour mesurer l'ablation.

¹ La station est située en dehors de la carte sur le sommet du Pic Grimaldi au côté est de la Baie Cross, 25 km. au sud du front du Glacier Lilliehöök. Voir GUNNAR ISACHSEN, l. c., p. 59 et 64.

² Voir GUNNAR ISACHSEN, l. c., p. 58 et 64.

³ GUNNAR ISACHSEN, l. c., p. 64. Cependant il a là une faute, ayant écrit y au lieu de x.

En 1907 et en 1909 l'emplacement des pierres fut déterminé par relèvement. Mais les trois dernières années, nous avons employé la méthode d'intersection des stations 15 et 30. L'angle des lignes de visées est alors à peu près de 90° . En 1910, il y avait deux opérateurs, un à la station 15 et un autre à la station 30. Le repère était un bâton de bambou surmonté d'un pavillon. En 1911 et en 1912, il n'y avait qu'un observateur. Le temps écoulé entre les deux observations était de 4 à 5 heures au maximum, et la vitesse des pierres qui allaient le plus vite était de 1 mètre en 24 heures c. à d. de 20 centimètres en 5 heures. On voit donc que le temps qui s'est passé entre les deux observations n'a pas eu grande influence sur l'exactitude des résultats.

Le tableau suivant donne un aperçu du temps des observations, des méthodes employées et indique les noms des observateurs:

Année et date	Méthode employée	Observateurs	
		Ligne de 1907	Ligne de 1909
1907 $27/7$	Relèvement sur les points 15, 18 et 19, tandis que 30, servait de vérification.	HOEL	
1907 $27/8$		HOEL	
1909 $3/8$ et $5/8$		HOEL	HOEL
1909 $30/8$		HOEL	KOLLER
1910 $30/7$	Intersection des stations 15 et 30.	HOEL et HAAVIMB	HOEL et HAAVIMB
1910 $29/8$		KOLLER et HAAVIMB	KOLLER et HAAVIMB
1911 $28/7$		HOEL	HOEL
1912 $24/7$		HOEL	HOEL

La détermination finale du réseau trigonométrique est faite par KOLLER en 1909.

Comme instrument, j'ai, en 1907, employé un théodolite avec axe coudé de C. H. G. Olsen & Cie. à Christiania:

Diamètre du cercle horizontal 10 cm.

Diamètre du cercle vertical 10 cm.

Division sexagésimale en $30'$ et deux verniers permettant la lecture à 1 minute près.

Ouverture de l'objectif 20 mm.

Distance focale 150 mm.

Grossissement de la lunette 7 fois.

Niveau à bulle sur le cercle vertical, permettant la lecture à $30''$.

En 1909 et 1910 j'ai eu un théodolite avec axe coudé de C. H. G. Olsen & Cie à Christiania:

Diamètre du cercle horizontal 12 cm.

Diamètre du cercle vertical 12 cm.

Division sexagésimale en 20' et deux verniers permettant la lecture à 30'' près.

Ouverture de l'objectif 25 mm.

Distance focale 20 cm.

Grossissement de la lunette 10 fois.

En 1911 et 1912, j'ai employé un théodolite de la maison Sigurd Baalsrud, Christiania, ayant les dimensions suivantes:

Diamètre du cercle horizontal 13 cm.5.

Diamètre du cercle vertical 9 cm.

Division centésimale en $\frac{1}{1}$ grades, les microscopes permettant une lecture à 1 minute près. La lunette renversable, grossissement 23 fois. Niveau renversable (18'') sur la lunette. Des niveaux à bulle croisés sur l'alidade (25'').

HAAVIMB a employé un instrument de mêmes dimensions, tandis que KOLLER s'est servi d'un théodolite un peu plus grand de la maison Sigurd Baalsrud:

Le diamètre du cercle horizontal 14 cm.

Le diamètre du cercle vertical 12 cm.

Division centésimale en $\frac{1}{1}$ grades, et les microscopes permettant, une lecture de 20''. Des niveaux à bulle, comme sur l'instrument précédent, ainsi qu'un niveau à bulle sur le cercle vertical.

Quant à l'exactitude des résultats obtenus, je ne crois pas que l'erreur excède jamais 1 m. L'erreur moyenne des coordonnées est d'environ 0 m.5.

Tous les calculs ont été faits par l'ingénieur ALFRED KOLLER, excepté ceux des années 1911 et 1912, qui furent faits par le capitaine ARVE STAXRUD. En faisant le plan du travail, mon intention était de placer les pierres depuis le côté ouest jusqu'au côté est du glacier. Mais je découvris bientôt que la moitié est du glacier était inaccessible à cause d'énormes crevasses transversales atteignant une largeur de plusieurs dizaines de mètres. Les pierres ne pouvaient donc être placées que sur la moitié ouest du glacier.

Dans ce qui suit, les points de la ligne de 1907 sont désignés par les lettres P (pierres) et F (forures) suivies de chiffres arabes; ceux de la ligne de 1909 sont désignés par les mêmes lettres, mais elles sont suivies de chiffres romains.

Les résultats des observations sont les suivants¹:

¹ La différence entre quelques-uns de ces résultats et ceux qui furent publiés auparavant dans mon mémoire mentionné plus haut (*Geologiske iagttagelser etc.*, I. c., p. 20) est due à un nouveau calcul des points trigonométriques d'après des observations nouvelles faites en 1909

Tableau des résultats.

I. Les points de la ligne de 1907.

P₀.

	x	y	z	T jours ²	V m. ³	v cm. ⁴
27 juillet 1907 (a) ¹	17 042.1	- 396.6		31	1.0	3.3
27 août 1907 (b)	17 041.2	- 396.1	82.1	708	15.8	2.2
5 août 1909 (c)	17 026.8	- 389.6	80.2	25	0.8	3.4
30 août 1909 (d)	17 026.0	- 389.9		334	6.9	2.1
30 juillet 1910 (e)	17 019.3	- 388.2	80.1	30	0.2	0.7
29 août 1910 (f)	17 019.1	- 388.2	79.6	333	4.6	1.4
28 juillet 1911 (g)	17 014.5	- 387.9	78.8	362	2.4	0.7
24 juillet 1912 (h)	17 012.1	- 387.6	77.6			

P₁.

27 juillet 1907 (a)	17 006.3	121.0		31	6.6	21.2
27 août 1907 (b)	16 999.8	120.0	67.5	733	244.4	33.3
30 août 1909 (d)	16 755.4	121.3	44.4	334	117.6	35.2
30 juillet 1910 (e)	16 638.0	113.9	44.2	30	10.4	34.7
29 août 1910 (f)	16 627.7	112.5	42.5	333	92.9	27.9
28 juillet 1911 (g)	16 534.9	99.1	43.0	362	32.5	9.0
24 juillet 1912 (h)	16 502.8	94.0	44.2			

P₂.

27 juillet 1907 (a)	16 981.7	454.7		31	10.6	34.1
27 août 1907 (b)	16 975.7	446.0	53.5	708	328.7	46.4
3 août 1909 (c)	16 647.7	424.1	56.2	26	18.2	70.0
30 août 1909 (d)	16 630.9	431.1	45.3	334	180.5	54.0
30 juillet 1910 (e)	16 451.0	416.8	45.6	30	16.8	56.1
29 août 1910 (f)	16 434.2	415.7	44.8	333	166.2	49.9
28 juillet 1911 (g)	16 268.5	404.9	42.8	362	77.1	21.3
24 juillet 1912 (h)	16 192.6	391.5	35.3			

¹ Sur la carte, la lettre a désigne l'emplacement des points le 27 juillet 1907, la lettre b celle des points le 27 août 1907, etc.

² Temps écoulé entre deux observations.

³ Distance parcourue entre deux observations en mètres.

⁴ Vitesse journalière en centimètres.

P_3^* .

	x	y	z	T jours ²	V m. ³	v cm. ⁴
30 juillet 1910 (e) ¹	16 463.7	530.6	38.0	30	19.1	63.7
29 août 1910 (f)	16 444.7	528.7	36.1	695	267.0	38.4
24 juillet 1912 (h)	16 179.6	496.5	32.8			

 F_1 .

28 juillet 1907 (a)	16 960.5	755.3		30	6.9	23.0
27 août 1907 (b)	16 954.5	751.9	50.0	708	427.0	60.3
3 août 1909 (c)	16 531.0	697.0	47.0	26	16.8	64.6
30 août 1909 (d)	16 514.3	695.3	44.6	334	247.1	74.0
30 juillet 1910 (e)	16 269.4	662.3				

 P_4 .

27 juillet 1907 (a)	16 932.5	1089.1		31	12.2	39.4
27 août 1907 (b)	16 921.3	1084.2	56.5	708	537.9	76.0
5 août 1909 (c)	16 393.0	983.0	45.0	25	23.0	91.9
30 août 1909 (d)	16 370.2	980.2	41.7	334	333.8	99.9
30 juillet 1910 (e)	16 041.4	922.7	25.4			

 P_5 .

27 juillet 1907 (a)	16 912.1	1356.1		31	12.1	39.0
27 août 1907 (b)	16 901.4	1350.5	63.5			

* Cette pierre n'est pas située sur la ligne.

¹ Sur la carte, la lettre a désigne l'emplacement des points le 27 juillet 1907, la lettre b celle des points le 27 août 1907, etc.

² Temps écoulé entre deux observations.

³ Distance parcourue entre deux observations en mètres.

⁴ Vitesse journalière en centimètres.

II. Les points de la ligne de 1909.

P_I.

	x	y	z	T jours ²	V m. ³	v cm. ⁴
5 août 1909 (c) ¹	17 219.8	- 463.0	90.0	25	6.0	24.0
30 août 1909 (d)	17 215.4	- 467.9	91.4	334	5.2	1.6
30 juillet 1910 (e)	17 210.4	- 464.3	87.9	363	4.1	1.1
28 juillet 1911 (g)	17 206.5	- 463.1	85.4	362	1.9	0.5
24 juillet 1912 (h)	17 204.6	- 462.7				

P_{II}.

5 août 1909 (c)	17 212.7	- 344.5		25	4.4	17.8
30 août 1909 (d)	17 209.1	- 347.1	89.6	334	20.6	6.2
30 juillet 1910 (e)	17 190.2	- 338.9	86.6	30	0.7	2.3
29 août 1910 (f)	17 190.3	- 338.2		333	17.3	5.2
28 juillet 1911 (g)	17 173.8	- 333.0	84.4	362	6.1	1.7
24 juillet 1912 (h)	17 168.4	- 330.2	84.0			

P_{III}.

30 juillet 1910 (e)	17 129.0	- 79.9	87.3	30	5.0	16.7
29 août 1910 (f)	17 124.3	- 78.3	86.0	333	55.3	16.6
28 juillet 1911 (g)	17 070.6	- 65.0	81.5	362	19.7	5.4
24 juillet 1912 (h)	17 051.5	- 60.2	78.0			

P_{IV}.

5 août 1909 (c)	17 192.5	36.0	80.6	25	14.8	59.2
30 août 1909 (d)	17 178.8	30.4	82.5	334	86.7	26.0
30 juillet 1910 (e)	17 094.2	49.3	75.8	30	7.3	24.3
29 août 1910 (f)	17 087.0	50.6	74.6	333	76.6	23.0
28 juillet 1911 (g)	17 011.6	64.2	70.9			

¹ Sur la carte, la lettre a désigne l'emplacement des points le 27 juillet 1907, la lettre b celle des points le 27 août 1907, etc.

² Temps écoulé entre deux observations.

³ Distance parcourue entre deux observations en mètres.

⁴ Vitesse journalière en centimètres.

P_v.

	x	y	z	T jours ²	V m. ³	v cm. ⁴
5 août 1909 (c) ¹	17 176.1	236.8	61.4			
30 août 1909 (d)	17 164.8	235.0	61.1	25	11.8	47.2
30 juillet 1910 (e)	17 032.7	244.3	55.6	334	132.4	39.6
29 août 1910 (f)	17 020.6	244.9	54.3	30	12.1	40.0
28 juillet 1911 (g)	16 904.1	245.3	49.9	333	116.5	35.0
24 juillet 1912 (h)	16 860.1	244.6	48.5	362	44.0	12.2

P_{vi}.

5 août 1909 (c)	17 168.0	378.2	55.8			
30 août 1909 (d)	17 155.6	379.6	56.4	25	12.5	50.0
30 juillet 1910 (e)	17 004.0	382.9	50.1	334	151.6	45.4
29 août 1910 (f)	16 990.6	383.4	48.8	30	13.4	44.7
28 juillet 1911 (g)	16 857.1	380.0	48.0	333	133.6	40.1
24 juillet 1912 (h)	16 805.6	377.8	48.6	362	51.6	14.3

P_{vii}.

5 août 1909 (c)	17 159.6	486.0	60.2			
30 août 1909 (d)	17 145.0	489.0	58.8	25	14.9	59.6
30 juillet 1910 (e)	16 980.2	486.0		334	164.8	49.3
29 août 1910 (f)	16 965.9	486.2	49.6	30	14.3	47.7
28 juillet 1911 (g)	16 819.0	480.2	48.8	333	147.0	44.1
24 juillet 1912 (h)	16 760.5	477.6	49.5	362	58.6	16.2

¹ Sur la carte, la lettre a désigne l'emplacement des points le 27 juillet 1907, la lettre b celle des points le 27 août 1907, etc.

² Temps écoulé entre deux observations.

³ Distance parcourue entre deux observations en mètres.

⁴ Vitesse journalière en centimètres.

P_{VIII}.

	x	y	z	T jours ²	V m. ³	v cm ⁴
5 août 1909 (c) ¹	17 136.3	766.4	51.4	25	15.4	61.6
30 août 1909 (d)	17 121.9	760.9	52.0	334	211.9	63.4
30 juillet 1910 (e)	16 911.3	737.6	46.5	30	18.7	62.3
29 août 1910 (f)	16 892.8	735.1	45.6	333	193.5	58.1
28 juillet 1911 (g)	16 700.7	711.7	45.6	362	88.0	24.3
24 juillet 1912 (h)	16 613.3	701.2	45.6			

P_{IX}.

5 août 1909 (c)	17 123.3	980.2	50.6	25	19.5	78.0
30 août 1909 (d)	17 106.2	971.9	53.4	334	256.7	76.9
30 juillet 1910 (e)	16 852.9	930.3	47.5	30	21.8	72.7
29 août 1910 (f)	16 831.4	926.9	46.9	333	243.3	73.1
28 juillet 1911 (g)	16 590.3	891.0	40.8	362	122.0	33.7
24 juillet 1912 (h)	16 471.1	865.0	35.6			

P_X.

5 août 1909 (c)	17 104.8	1191.7	62.1	25	20.6	82.4
30 août 1909 (d)	17 085.5	1184.6	62.0	334	293.2	87.8
30 juillet 1910 (e)	16 797.7	1128.7		363	309.4	85.2
28 juillet 1911 (g)	16 494.1	1069.0	46.4	362	164.9	45.6
24 juillet 1912 (h)	16 332.5	1034.4	38.5			

En tout 93 déterminations de position sur 17 points.

¹ Sur la carte, la lettre a désigne l'emplacement des points le 27 juillet 1907, la lettre b celle des points le 27 août 1907, etc.

² Temps écoulé entre deux observations.

³ Distance parcourue entre deux observations en mètres.

⁴ Vitesse journalière en centimètres.

Augmentation de vitesse vers le milieu du glacier. Considérons les lois d'écoulement qu'on peut tirer de ces observations. On voit d'abord que la vitesse va en augmentant du bord vers le milieu du glacier. On a, par exemple, pendant le temps écoulé depuis le 30 août 1909 jusqu'au 30 juillet 1910:

			cm.
P ₀	2.1	P _I	1.6
P ₁	35.2	P _{II}	6.2
P ₂	54.0	P _{IV}	26.0
F ₁	74.0	P _V	39.6
P ₄	99.9	P _{VI}	45.4
		P _{VII}	49.3
		P _{VIII}	63.4
		P _{IX}	76.9
		P _X	87.8

P_X était, le 30 août 1909, au milieu du glacier, éloignée de 1700 mètres de chaque côté. P₄ était éloignée de 1345 mètres du côté ouest et de 1840 du côté est. On voit donc que la vitesse va en augmentant depuis le côté ouest jusqu'à la fin des lignes de pierres, c. à d. jusqu'au milieu du glacier. La vitesse de P₅, du 27 juillet au 27 août 1907, semble indiquer que le maximum de vitesse serait près du milieu du glacier, la vitesse de P₄ étant de 39.4 en même temps que celle de P₅ était de 39.0. Mais il y a lieu de supposer que cela n'est pas juste, et que le maximum de vitesse se trouve beaucoup plus près du côté ouest. Car le glacier est dans sa partie orientale fortement crevassé, les vélages y sont plus fréquents qu'au milieu, et les plus grandes profondeurs du fjord se trouvent dans sa partie orientale. Il est donc fort probable que le maximum de vitesse se trouve à l'est du milieu du glacier, mais il n'est pas possible de dire exactement où il se trouve. D'après la fréquence des vélages, je serais incliné à croire qu'il se trouve plus près de la rive orientale que du milieu du glacier.

On trouve cependant des exceptions à la règle d'augmentation de la vitesse, lorsqu'on s'éloigne des rives du glacier. Si l'on regarde le mouvement des pierres du 5 au 30 août 1909, on a:

			cm.
P ₀	3.4	P _{II}	17.8
P ₂	70.0	P _{IV}	59.2
F ₁	67.1	P _V	47.2
P ₄	91.9	P _{VI}	50.0
		P _{VII}	59.6
		P _{VIII}	61.6
		P _{IX}	78.0
		P _X	82.4

On voit que la vitesse de P_2 est de 70.0, tandis que celle de F_1 , située à 275 mètres plus loin de la rive, n'est que de 67.1. On trouve qu'il en fut de même du 27 juillet au 27 août 1907, alors que la vitesse de P_2 était de 34.1, tandis que celle de F_1 n'était que de 22.2. De même la vitesse de P_{IV} est de 59.2, tandis que celle de P_V , située à 200 mètres plus loin de la rive, est de 47.2; celle de P_{VI} , située à 345 mètres plus loin de la rive que P_{IV} , est de 50.0, et ce n'est qu'à P_{VII} , éloignée de 450 mètres de P_{IV} , qu'on trouve une vitesse aussi grande que celle de P_{IV} , à savoir 59.6. Si l'on regarde l'altitude de ces pierres, on voit que les 4 premières (P_I — P_{IV}) sont situées sur une crête, ayant des altitudes passant de 91 m.4 à 82 m.5, tandis que l'altitude de P_V est de 61 m.1, de P_{VI} de 56 m.4, de P_{VII} de 58 m.8 et de P_{VIII} de 52 m. Toutes ces pierres sont situées dans une dépression presque exempte de crevasses, tandis que la crête à l'ouest de celle-ci est sillonnée de crevasses dont la direction va du nord-est au sud-ouest. A l'est de la dépression, la surface du glacier s'élève et est fortement crevassée.

Une circonstance comme celle-ci, où la vitesse est plus grande dans une partie du glacier que dans les parties avoisinantes, ne dure jamais longtemps. Les exemples cités proviennent tous d'un mois d'été, mais, si l'on prend toute l'année, on ne voit jamais persister ce phénomène; dans ce cas, la vitesse va en croissant au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la rive.

Des résultats analogues semblent aussi ressortir des observations de C. MOLTKE et de A. JESSEN sur la vitesse d'écoulement du glacier de Sermilik au Grönland¹.

Augmentation de vitesse vers le front. Un autre résultat des observations est que la vitesse augmente vers le front du glacier. On le remarque, en comparant la vitesse de deux pierres, situées à peu près sur la même ligne d'écoulement, mais à une distance différente du front. Comparons P_4 et P_X :

La vitesse de P_4 fut du 5 au 30 août 1909 de 91.9 cm. par jour.

—>— P_X —>— —>— 82.4 —>—

P_X est située un peu plus près des parties à vitesse maximum que P_4 ; mais malgré cela, la vitesse de cette dernière est de 9 cm.5 plus grande que celle de la première; la raison en est que P_4 est située à 740 m. plus près du front du glacier que P_X .

¹ C. MOLTKE et A. JESSEN, Undersøgelser av Nordre Sermilik bræ, Copenhague 1896. Medd. om Grønland, fasc. 16, p. 93. Tableau des vitesses, à la p. 99.

On voit qu'il en est de même pour le temps écoulé entre les deux observations suivantes :

La vitesse de P_4 fut, du 30 août 1909 au 30 juillet 1910, de 99.9 cm. par jour.

—»— P_X —»— —»— —»— 87.8 —»—

La distance entre les pierres est montée à 780 mètres à la dernière observation, et la différence de la vitesse journalière est montée à 12 cm.1. P_4 était alors située à proximité immédiate du front.

Deux autres pierres qui sont, elles aussi, à peu près sur la même ligne de translation, sont P_2 et P_{VII} :

La vitesse de P_2 fut, du 3 au 30 août 1909, de 70.0 cm. par jour.

—»— P_{VII} —»— —»— —»— 59.6 —»—

La distance entre les deux pierres, à la dernière date, est de 512 mètres, la distance de P_2 du front est de 630 mètres, et la différence de la vitesse journalière est de 10 cm.4.

Ensuite nous avons :

La vitesse de P_2 qui fut, du 30 août 1909 au 30 juillet 1910, de 54.0 cm. par jour.

—»— P_{VII} —»— —»— —»— 49.3 —»—

La distance des pierres était le 30 juillet 1910, de 530 mètres et la différence de la vitesse journalière de 4 cm.7.

Enfin nous avons :

La vitesse de P_2 qui fut, du 30 juillet au 29 août 1910, de 56.1 cm. par jour.

—»— P_{VII} —»— —»— —»— 47.7 —»—

P_2 était, le 29 août éloignée de 495 mètres du front, la distance entre P_2 et P_{VII} était de 540 mètres, et la différence de la vitesse journalière de 8 cm.4.

Cette règle de l'augmentation de la vitesse vers le front du glacier n'a pas d'exception.

On a trouvé la même accélération de vitesse vers le front sur tous les grands glaciers arctiques se terminant dans la mer, et dont la vitesse d'écoulement a été observée. STEENSTRUP a fait des observations sur la vitesse du Grand Glacier Karajak. Il a trouvé que la vitesse journalière des 4 points situés à 5 km. du front était de 3 m.2 à 6 m.4, tandis qu'il y avait des points de 50 à 500 mètres du front ayant une vitesse de 7 m. à 12 m.3 ¹. Il a obtenu le même résultat sur le Glacier de Itivdiarsuk.

¹ K. J. V. STEENSTRUP, Bidrag til kjendskab til bræerne og bræ-isen i Nord-Grønland. Copenhagen 1883. Medd. om Grønland, fasc. 4, no. II, p. 85.

Un point à 10 km.45 du front avait une vitesse journalière de 5 m.2, tandis que des points situés à proximité du front, cheminaient avec une vitesse de 7 m à 15 m.¹

RYDER a trouvé qu'il en était de même sur le Glacier d'Upernivik en 1886 et en 1887. Il y avait deux points sur la même ligne d'écoulement; l'un était situé à 160 mètres du front, l'autre à 730 mètres. La vitesse journalière du premier des points était de 32 mètres, celle de l'autre de 17 m.7². Sur le Grand Glacier Karajak, DRYGALSKI a mesuré une vitesse de 11 à 12 mètres à 5 km., et de 18 à 19 mètres à proximité immédiate du front³. Il a aussi trouvé une augmentation vers le front sur le Glacier d'Itivdiarsuk⁴. On trouve donc partout une augmentation de vitesse qui, dans les derniers 5 kilomètres du glacier, s'élève à peu près à 100 ptc. On n'a jamais donné une explication satisfaisante de ce phénomène. Celle de DRYGALSKI⁵, que l'augmentation de vitesse vers le front est due à un rétrécissement du lit du glacier, peut être vraie pour quelques glaciers, mais pas pour tous. Je crois qu'il faut en rechercher la cause en partie dans le fait que les glaciers deviennent de plus en plus crevassés au fur et à mesure qu'on s'approche du front. Il s'ensuit qu'il passe par une section transversale près du front une quantité de glace beaucoup inférieure à celle passant par une section de la même étendue plus en amont, pourvu que la vitesse soit la même dans les deux sections. Il faut donc que la vitesse augmente au fur et à mesure que les crevasses deviennent de plus en plus nombreuses et de plus en plus grandes. Les parties les plus crevassées du glacier, et qui sont situées le plus près de la surface, auront la plus grande accélération de vitesse.

Il y a une autre cause aussi qui produit une accélération de vitesse près du front. L'eau chaude de la mer fait fondre la partie du glacier située au-dessous du niveau des hautes mers. La partie située au-dessus de ce niveau sera donc surplombante et, à cause de la gravité, cette partie s'abaisse lentement, et cela a pour effet un tirage à peu près horizontal sur les parties du glacier situées plus en amont, ce qui produit des crevasses et une accélération de vitesse.

¹ K. J. V. STEENSTRUP, l. c., p. 83.

² C. H. RYDER, Undersøgelse af Grønlands vestkyst fra 72° til 74° 35' N. Br. 1886 og 1887. Copenhagen 1889. Medd. om Grønland, fasc. 8, no. VIII, p. 218 et 219.

³ ERICH VON DRYGALSKI, Grønland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1891-93. Berlin 1897. Tome I, p. 259.

⁴ ERICH VON DRYGALSKI, l. c., p. 293.

⁵ ERICH VON DRYGALSKI, l. c., p. 273.

Variations de vitesse correspondant à des modifications dans les dimensions du glacier. Nous allons maintenant considérer les variations de vitesse. Dans ce but, nous réunissons les différentes vitesses dans ce tableau:

Vitesse de	$\frac{27}{7}-\frac{27}{8}$ 1907	$\frac{27}{8}$ 1907 — $\frac{5}{8}$ 1909	$\frac{5}{8}-\frac{30}{8}$ 1909	$\frac{30}{8}$ 1909 — $\frac{30}{7}$ 1910	$\frac{30}{7}-\frac{29}{8}$ 1910	$\frac{29}{8}$ 1910 — $\frac{28}{7}$ 1911	$\frac{28}{7}$ 1911 — $\frac{24}{7}$ 1912
P ₀	3.3	2.2	3.4	2.1	0.7	1.4	0.7
P ₁	21.2	33.3		35.2	34.7	27.9	9.0
P ₂	34.1	46.4	70.0	54.0	56.1	49.9	21.3
P ₃					63.7	38.4	
F ₁	23.0	60.3	64.6	74.0			
P ₄	39.4	76.0	91.9	99.9			
P ₅	39.0						
P _I			24.0	1.6	1.1		0.5
P _{II}			17.8	6.2	2.3	5.2	1.7
P _{III}					16.7	16.6	5.4
P _{IV}			59.2	26.0	24.3	23.0	
P _V			47.2	39.6	40.0	35.0	12.2
P _{VI}			50.0	45.4	44.7	40.1	14.3
P _{VII}			59.6	49.3	47.7	44.1	16.2
P _{VIII}			61.6	63.4	62.3	58.1	24.3
P _{IX}			78.0	76.9	72.7	73.1	33.7
P _X			82.4	87.8	85.2		45.6

Pour les deux lignes, on a un maximum de vitesse pendant l'été de 1909; à partir de ce temps la vitesse diminue énormément jusqu'à la fin des observations. Cette diminution est en relation avec la décroissance du glacier. Celui-ci a, en réalité, rétrogradé tout le temps pendant lequel nous l'avons observé c. à d. depuis 1906 jusqu'en 1912. Cela ne se montra pas par un raccourcissement de la longueur, comme on peut le voir sur la carte II; le front était à peu près le même en 1906 qu'en 1910 et 1912. C'est sur la rive ouest du glacier qu'on a pu observer le recul. En 1908, on observa plus de matériaux morainiques au pied du glacier que l'année précédente. En 1909, la crête près de la rive ouest était moins prononcée qu'en 1907 et 1908; ses crevasses n'étaient pas aussi grandes et on pouvait la traverser presque partout, ce qui était impossible en 1907; cette année, il fallait aller en amont du glacier, jusqu'à la fin de la crête. Il commença à se former une moraine riveraine à la rive ouest. En 1910, les crevasses de la crête continuèrent à disparaître,

et la moraine riveraine nouvellement formée, devint de plus en plus grande. En 1911, l'angle d'inclinaison de la pente à pic du côté ouest, était devenu visiblement plus faible et la moraine riveraine était déjà située à quelques mètres de distance du glacier. En 1912, la pente du côté ouest était encore plus plate et la moraine riveraine était de 20 mètres au maximum éloignée du glacier.

On voit donc qu'il y a tout le temps eu décrue.

Variations indépendantes des modifications dans les dimensions du glacier. Mais la diminution de la vitesse ne s'est pas produite pendant tout ce temps. Depuis le 27 juillet 1907, jusqu'au 30 août 1909, la vitesse de la plupart des pierres de la ligne de 1907 a augmenté considérablement. Pour P_2 , sur laquelle on a fait les observations les plus complètes, on voit que la vitesse augmente d'abord de 34.1 à 46.4 et atteint jusqu'à 70.0. Les pierres situées plus loin, vers le milieu du glacier, ont une vitesse qui va en augmentant même après que les autres ont commencé à se mouvoir plus lentement. Cela s'explique en partie par la forte augmentation de la vitesse vers le front du glacier.

Après cela, on voit qu'on a des variations de vitesse comprenant une période de quelques années, qui n'ont aucune relation avec les variations de dimension du glacier.

Variations de courte durée. On trouve aussi des variations de vitesse d'une courte durée; ces variations peuvent être de différente grandeur et même de signes opposés dans des parties avoisinantes du glacier. La pierre qui en fournit la preuve la plus convaincante est P_{11} , qui a cheminé de 49 m.1 pendant le temps qu'elle a été observée. On a les vitesses suivantes:

	cm.
Du 5 au 30 août 1909	17.8
Du 30 août 1909 au 30 juillet 1910 .	6.2
Du 30 juillet au 29 août 1910 . . .	2.3
Du 29 août 1910 au 28 juillet 1911 .	5.2
Du 28 juillet 1911 au 24 juillet 1912	1.7

On voit de plus que la vitesse des pierres de la ligne de 1909, situées plus près de la rive, diminue fortement depuis la période du 5 au 30 août 1909, jusqu'à celle du 30 août 1909 au 29 août 1910, tandis que cette diminution s'efface au fur et à mesure qu'on s'approche du milieu du glacier. La vitesse des deux pierres, P_{VIII} et P_X , augmente même pendant ce temps. On a:

			cm.	cm.
La vitesse de P_I	diminue de		24.0 à	1.6
—»—	P_{II}	—»—	17.8 à	6.2
—»—	P_{IV}	—»—	59.2 à	26.0
—»—	P_V	—»—	47.2 à	39.6
—»—	P_{VI}	—»—	50.0 à	45.4
—»—	P_{VII}	—«—	59.6 à	49.3
—»—	P_{VIII}	augmente de	61.6 à	63.4
—»—	P_{IX}	diminue de	78.0 à	76.9
—»—	P_X	augmente de	82.4 à	87.8

L'écoulement est donc très irrégulier dans la même section transversale de la langue du glacier. On a des irrégularités dans une section longitudinale aussi. Cela se voit par les comparaisons faites à la page 13 entre la vitesse de deux points situés sur la même ligne. La différence de la vitesse journalière d'écoulement de P_2 et de P_{VII} fut du 3 au 30 août 1909, de 10 cm.4. Du 30 août 1909 au 30 juillet 1910, elle fut seulement de 4 cm.7, malgré la plus grande distance des pierres dans le dernier cas, ce qui aurait dû occasionner une différence de vitesse plus grande.

Le glacier Lilliehöök montre donc les mêmes particularités d'écoulement que le Hintereisferner d'après BLÜMCKE et FINSTERWALDER¹.

Les anciennes observations sur la vitesse d'écoulement des grands glaciers du Grönland semblent indiquer des variations d'un jour à l'autre². Cependant il est difficile de dire jusqu'à quel point ces différences de vitesse sont dues à l'inexactitude des observations. HELLAND a observé la vitesse du Glacier de Jakobshavn en 1875, et il a trouvé des variations de vitesse d'une époque d'observations à l'autre. — HAMMER dit du Glacier de Jakobshavn³: »Au reste l'écoulement ne semble pas être uniforme, la vitesse étant plus grande certains jours que d'autres. Les observations exécutées par RYDER sur le Glacier d'Upërnivik⁴ et celles de DRYGALSKI sur le Grand Karajak⁵ donnent le même résultat.«

¹ A. BLÜMCKE et S. FINSTERWALDER, Zeitliche Änderungen in der Geschwindigkeit der Gletscherbewegung. Munich 1905. Sitzungsberichte der math.-phys. Klasse der K. B. Akad. der Wissensch. zu München, tome XXXV, p. 109.

² AMUND HELLAND, Om de isfyldte fjorde og de glaciale dannelser i Nordgrønland. Christiania 1876. Archiv f. Math. og Naturvidensk., tome I, p. 58. Tableau des vitesses, à la p. 77.

³ R. R. I. HAMMER, Undersøgelse ved Jakobshavns Isfjord og nærmeste omegn i vinteren 1879—80. Copenhagen 1883. Medd. om Grønland, fasc. 4, no. I, p. 17.

⁴ C. H. RYDER, Undersøgelse av Grønlands vestkyst etc., I. c., p. 218 et 219.

⁵ ERICH VON DRYGALSKI, Grönland-Expedition etc., I. c., p. 259.

Variations saisonnières. Quant à ces variations, il faut faire les remarques suivantes: On ne peut tirer aucune conclusion de P_3 , parce qu'il y a eu trop peu d'observations sur son écoulement. Il en est de même de P_1 , P_{III} et P_x , leur écoulement d'été n'ayant été déterminé qu'une fois au commencement des observations. Les autres pierres sont, elles aussi, d'une importance différente pour l'étude de cette question. Ainsi je n'ai pas pris en considération les vitesses de l'été de 1907, parce que celles-ci ne peuvent être comparées qu'avec les vitesses de la période de deux ans de 1907 à 1909. Au contraire, j'ai employé les vitesses qui avaient été déterminées les premières de la ligne de 1909, parce que nous pouvons tirer des conclusions quant à la nature de son écoulement de l'année précédente au moyen de l'écoulement de la ligne de 1907. Nous avons employé la même méthode que BLÜMCKE et FINSTERWALDER (l. c. pag. 125) et comparé la vitesse estivale (E) avec la vitesse moyenne d'une période de deux ans (M) renfermant, de chaque côté, l'été en question.

La ligne de 1907.

P_0 .

Du 27 août 07 au 30 juillet 10	2.2	Du 5 août 09 au 30 août 09	3.4 E > M
• 5 — 09 • 28 — 11	1.5	• 30 juillet 10 • 29 — 10	0.7 E < M
	<u>3.7</u>		<u>4.1 E : M = 1.11</u>

P_1 .

Du 30 août 09 au 28 juillet 11	31.7	Du 30 juillet 10 au 29 août 10	34.7 E > M
			E : M = 1.09

P_2 .

Du 27 août 07 au 30 juillet 10	49.4	Du 3 août 09 au 30 août 09	70.0 E > M
• 3 — 09 • 28 — 11	52.8	• 30 juillet 10 • 29 — 10	56.1 E > M
	<u>102.2</u>		<u>126.1 E : M = 1.23</u>

F_1 .

Du 27 août 07 au 30 juillet 10	64.7	Du 3 août 09 au 30 août 09	64.6 E < M
			E : M = 1.00

P_4 .

Du 27 août 07 au 30 juillet 10	83.8	Du 5 août 09 au 30 août 09	91.9 E > M
			E : M = 1.10

La ligne de 1909.

P_{II}.

Du 5 août 09 au 30 juillet 10	7.0	Du 5 août 09 au 30 août 09	17.8 E > M
" 5 — 09 " 28 — 11	6.0	" 30 juillet 10 " 29 — 10	2.3 E < M
	<u>13.0</u>		<u>20.1 E : M = 1.55</u>

P_{IV}.

Du 5 août 09 au 30 juillet 10	28.3	Du 5 août 09 au 30 août 09	59.2 E > M
" 5 — 09 " 28 — 11	25.7	" 30 juillet 10 " 29 — 10	24.3 E < M
	<u>54.0</u>		<u>83.5 E : M = 1.55</u>

P_V.

Du 5 août 09 au 30 juillet 10	40.2	Du 5 août 09 au 30 août 09	47.2 E > M
" 5 — 09 " 28 — 11	37.8	" 30 juillet 10 " 29 — 10	40.0 E > M
	<u>78.0</u>		<u>87.2 E : M = 1.12</u>

P_{VI}.

Du 5 août 09 au 30 juillet 10	45.7	Du 5 août 09 au 30 août 09	50.0 E > M
" 5 — 09 " 28 — 11	43.1	" 30 juillet 10 " 29 — 10	44.7 E > M
	<u>88.8</u>		<u>94.7 E : M = 1.07</u>

P_{VII}.

Du 5 août 09 au 30 juillet 10	50.0	Du 5 août 09 au 30 août 09	59.6 E > M
" 5 — 09 " 28 — 11	47.2	" 30 juillet 10 " 29 — 10	47.7 E > M
	<u>97.2</u>		<u>107.3 E : M = 1.10</u>

P_{VIII}.

Du 5 août 09 au 30 juillet 10	63.3	Du 5 août 09 au 30 août 09	61.6 E < M
" 5 — 09 " 28 juillet 11	60.9	" 30 juillet 10 " 29 — 10	62.3 E > M
	<u>124.2</u>		<u>123.9 E : M = 1.00</u>

P_{IX}.

Du 5 août 09 au 30 juillet 10	76.9	Du 5 août 09 au 30 août 09	78.0 E > M
" 5 — 09 " 28 — 11	75.0	" 30 juillet 10 " 29 — 10	72.7 E < M
	<u>151.9</u>		<u>150.7 E : M = 0.99</u>

Le rapport $E:M$ des points de la ligne de 1907 n'est pas exact, parce qu'il nous manque des observations pour 1908. Il m'a par suite fallu, en comparant les vitesses, employer la période de deux ans de 1907 à 1909, au lieu de la période de 1908 à 1909. Comme il y a eu accélération de vitesse depuis 1907 jusqu'à 1909, le rapport $E:M$ est devenu trop grand. Celui de P_0 est à peu près juste, parce que l'écoulement de ce point a été assez égal pendant ce temps. Quant à P_2 , F_1 et P_4 , le rapport est, à coup sûr, trop grand; celui des deux derniers est sans doute < 1 .

En admettant ce qui précède, on peut tirer les conclusions suivantes:

1. La vitesse estivale est plus grande que la vitesse annuelle près de la rive du glacier c. à d. là où son épaisseur est petite.

2. Le rapport de la vitesse estivale à la vitesse annuelle va en diminuant vers le milieu du glacier, et, dans les parties où la vitesse atteint son maximum, c'est tantôt la vitesse estivale qui est la plus grande, tantôt la vitesse hivernale.

La limite de la partie du glacier où $E > M$, semble se trouver le long des lignes d'écoulement de F_1 et P_{VIII} .

Comme on le voit, il y aussi des années où la vitesse hivernale est dominante; c'était le cas l'hiver de 1909. Une régularité telle que celle qu'ont trouvée BLÜMCKE et FINSTERWALDER à Hintereisferner n'existe pas au Glacier Lilliehöök. Cependant les matériaux dont je dispose ne sont pas suffisants pour résoudre la question du rapport entre la vitesse estivale et la vitesse annuelle des grands glaciers arctiques. Il faut encore des observations précises continuées pendant plusieurs années de suite. Mais ce sera là un travail dur, plein de difficultés, et qui exigera de la part de celui qui l'accomplira beaucoup de peine et de persévérance.

Quand aux variations saisonnières des grands glaciers arctiques, les opinions ont été très divergentes. STEENSTRUP dit que la vitesse d'écoulement des parties centrales des grands glaciers du Grönland est si considérable qu'il n'y a aucune raison de supposer qu'ils doivent se mouvoir avec une vitesse moins grande en hiver qu'en été¹. Cependant, il n'a pas d'observations sur la vitesse hivernale des grands glaciers. HAMMER n'admet pas non plus que la vitesse d'écoulement des grands glaciers soit dépendante de la température². Il a observé le Glacier de Jakobshavn du 22 mars au 24 avril 1880.

¹ K. J. V. STEENSTRUP, Bidrag til kjendskab til bræerne og bræ-isen i Nord-Grønland, l. c., p. 90.

² R. R. I. HAMMER, Undersøgelse av Jakobshavns Isfjord etc., l. c., p. 17.

RYDER, au contraire, était d'avis que la vitesse hivernale est considérablement moindre que la vitesse estivale¹. Les observations sur lesquelles il fondait son opinion, furent exécutées sur le Glacier d'Upernivik du 12 au 14 août 1886 et du 20 au 23 avril 1887. DRYGALSKI nie l'existence des variations saisonnières². Ses observations ont été faites à différentes époques, en 1892 et 1893. Mais comme on le voit, les matériaux dont disposaient tous ces savants étaient absolument insuffisants pour admettre aucune conclusion quant à la variation saisonnière des grands glaciers arctiques.

La direction de l'écoulement. Il semble qu'elle est à peu près parallèle au même endroit à différentes époques. On voit cela en comparant la direction de F_1 avec celle de P_{VII} , qui diffèrent très peu l'une de l'autre. Une particularité de la direction de l'écoulement est que toutes les lignes d'écoulement à l'ouest de P_1 sont dirigées plus à l'est que l'axe des x , tandis que toutes les lignes à l'est de P_1 sont dirigées plus à l'ouest que cet axe; toutes les lignes convergent vers la crête située près de la partie ouest du glacier. L'angle des lignes d'écoulement est assez important; il est de 26° entre la ligne de P_{III} et celle de P_X . La crête est due à la pression provenant de cette particularité de l'écoulement. Cette crête est sujette à de grandes altérations d'altitude à cause de cette pression. Ainsi P_1 fut placée sur la crête en 1907. En automne, cette même année, elle était encore sur la crête et son altitude était alors de 67 m. 5. En 1909, il était si difficile de la retrouver que 7 hommes la cherchèrent pendant deux jours avant d'y arriver. Elle était alors située dans un enfoncement qui ressemblait à une marmite, et avait une profondeur de 20 à 30 mètres. La glace était, à cet endroit, tellement crevassée qu'il fut impossible d'arriver jusqu'à la pierre avant le 30 août; son altitude était alors de 44 m. 4, c. à. d. qu'elle se trouvait 23 m. 1 plus bas qu'en 1907.

J'ai calculé d'après le procédé de WERENSKIOLD³, l'angle que forment les lignes d'écoulement avec l'horizon. Pour la ligne du point P_X , j'ai eu pour résultat $0^\circ 12'$, en mettant l'ablation annuelle à 1 m. 40 (voir p. 24).

¹ C. H. RYDER, *Undersøgelse af Grønlands vestkyst etc.*, l. c., p. 221.

² ERICH VON DRYGALSKI, *Grønland-Expedition etc.*, l. c.

³ W. WERENSKIOLD, *Der Gletscher als eine plastische Masse*, Christiania 1913. Archiv f. Math. og Naturv.sk., vol. XXXIII, no. 5, p. 17.

Les observations antérieures sur la vitesse d'écoulement des glaciers du Spitsberg. La vitesse de 3 glaciers seulement a été observée auparavant. La première observation fut faite en 1892, par M. de CARFORT, sur le Glacier de la Pointe des Renards dans Bell Sound, à 900 mètres de la moraine de droite. Sa vitesse journalière était de 1 décimètre¹. En 1910, DRYGALSKI et HERGESELL déterminèrent la vitesse du Glacier Louis Mayer, sur le côté est de la Baie Cross². Les observations ont été exécutées du 22 au 25 juillet 1910, sur deux points, tous les deux situés à environ 100 mètres de la rive droite; l'un d'eux était placé à une distance de 250 mètres du front du glacier et l'autre à 210 mètres. La vitesse était respectivement de 15 et de 23 centimètres par jour.

Enfin E. F. GARWOOD a essayé, sur la base du vélage du Glacier King, de calculer approximativement la vitesse de ce glacier³. Par ce procédé, il trouva que la vitesse journalière était de 25 pieds c. à d. de 8 mètres. Mais comme je l'ai montré dans mon mémoire provisoire, cette vitesse est à coup sûr exagérée⁴, parce qu'elle impliquerait une valeur beaucoup trop grande des précipitations dans la région du Glacier King.

Observations sur l'ablation.

L'ablation du Glacier Lilliehöök. Pour mesurer l'ablation, j'ai fait en 1907, deux forures d'un diamètre de 4 cm. Elles sont situées dans la ligne de pierres de 1907 et elles furent forées d'après la méthode indiquée par HAMBERG⁵. L'une des forures, F₁, dont l'écoulement fut aussi observé, était à une altitude de 50 m. et avait une profondeur de 2 m. 80. L'autre, F₂, qui était située à l'est de P₄, avait 2 m. 58 de profondeur et 64 m. d'altitude. Comme repère on employa des bâtons de frêne ayant le même diamètre que les forures.

En 1908, je n'ai pu retrouver les forures. En 1909 je n'ai retrouvé que F₁ dans laquelle je fixai un rotin pourvu de crochets à son extrémité

¹ Cité par CHARLES RABOT, Les variations de longueurs des glaciers dans les régions arctiques et boréales. Deuxième partie. Genève et Bâle 1900. Extrait des Archives des Sc. Phys. et Nat. Années 1899 et 1900, p. 69.

² ERICH VON DRYGALSKI, Spitzbergens Landformen und ihre Vereisung, I. c., p. 35.

³ E. I. GARWOOD, Additional Notes on the Glacial Phenomena of Spitsbergen. Londres 1899. Quart. Journ. Geol. Soc., vol. LV, p. 698.

⁴ ADOLF HOEL, Geologiske iagttagelser paa Spitsbergenekspeditionerne 1906 og 1907 etc., I. c., p. 21.

⁵ AXEL HAMBERG, Zur Technik der Gletscheruntersuchungen. Vienne 1904. Comptes Rendus IX Congrès géol. internat. de Vienne 1903, p. 749.

inférieure¹, au lieu du bâton de frêne. En 1909, j'ai, en outre, fait faire deux forures dans la ligne de pierres de 1909. L'une d'elles, F_1 , qui était située à côté de P_1 , avait une profondeur de 1 m. 90 et une altitude de 90 m. L'autre, F_{II} , qui était située entre P_{VII} et P_{VIII} , avait une profondeur de 2 m. 38 et une altitude de 55 m. Comme repère on employa des rotins à crochets.

Le résultat des observations fut le suivant:

Forure	28 juillet 07 — 27 août 07	28 juillet 07 — 5 août 09	3 août 09 — 30 août 09	30 août 09 — 30 juillet 10
F_1	0 64 m.	2.0 m.	0.70 m.	*
F_2	0.54 "			
F_I			0.89 "	1.71 m.
F_{II}			0.79 "	

D'après ce qui précède, on voit que l'ablation atteint son maximum à F_1 . Cela provient de sa situation près de la rive, à un endroit exposé aux vents qui empêchent la formation d'épaisses couches de neige. Même à la date la moins avancée à laquelle je m'y suis trouvé, il n'y en avait pas. F_1 et F_2 , où l'ablation présente son minimum, sont situées dans une dépression du glacier où il s'accumule beaucoup de neige qui se fond tard en été. Cela a pour effet que l'ablation est faible surtout pendant la première partie de l'été, et que l'ablation estivale est petite en comparaison de l'ablation annuelle. Je crois que la meilleure valeur moyenne de l'ablation est obtenue à F_{II} ; elle est ici d'environ 1.40 m. par année, à une altitude de 400 mètres au-dessous de la limite des neiges.

Importance du fœhn pour l'ablation. Pour la fusion des glaciers le fœhn joue un grand rôle. J'ai pu observer comment un fœhn soufflant pendant un seul jour a élevé la ligne de névé au moins de 100 mètres. Cela s'explique facilement parce que la température augmente considérablement quand ce vent souffle. Tandis qu'une température de 7—8° C. est rare en été au Spitsberg septentrional, j'ai observé, entre minuit et 1 heure le 18 août 1907, sur la côte au sud de la Baie Magdalena, un fœhn dont la température était de 16° C. De même on eut, le 24 août 1909, pendant que le fœhn soufflait, au fond de la Baie Red, une température de 19°.

Sur quelques localités, il peut se produire, aussi en hiver, une fonte considérable de la glace. Depuis 1907 jusqu'en 1911, je voyais chaque

¹ AXEL HAMBERG, l. c., p. 757.

* Le 30 juillet 1910 on pouvait encore voir une concavité sur l'emplacement de F_1 .

année sur la côte est du Green Harbour, un peu au sud du promontoire sur lequel est située la station télégraphique, un amas de neige considérable. Il était situé entre la ligne des hautes mers et la falaise. Son épaisseur était de 8 à 10 m. et sa largeur avait jusqu'à 40 m. Il fut photographié en couleurs par le Professeur MIETHE, le 16 juillet 1910¹. La pl. III est une reproduction de cette photographie. Grand fut alors mon étonnement quand, à mon retour en juillet 1912, je cherchai en vain l'amas de neige qui m'était si bien connu. Il avait totalement disparu dans le courant de l'hiver 1911—12. La pl. IV montre la situation en 1912.

Un autre grand amas de neige disparut le même hiver. Il était logé dans la première grande vallée latérale au sud de la station télégraphique, et fut levé par nous en 1911. Lors de ma visite à cet endroit, le 9 août 1912, je ne trouvai aucune trace de neige dans la vallée. Au lieu de la nappe de neige à surface légèrement concave, il y avait une gorge profonde.

Diminution de l'ablation suivant la latitude. Dans son livre sur les glaciers, HESS a un tableau montrant la diminution de d'ablation, suivant la latitude, à 400 mètres au-dessous de la limite des neiges². Pour la Scandinavie septentrionale (les glaciers des montagnes de Sarjek à 67° de latitude nord) il indique 3 m. 3 comme ablation annuelle. Ce chiffre me paraissant trop élevé, j'ai écrit à M. le Professeur A. HAMBERG, qui a fait les observations de l'ablation sur les glaciers de cette région, et lui ai demandé son opinion. Il m'a répondu comme suit: »Je n'ai pas continué mes observations sur l'ablation après 1905. Elles comprennent quelques années pour lesquelles les résultats ne sont pas encore publiés. J'ai examiné ces résultats à la hâte, et j'ai trouvé que l'ablation annuelle, à une altitude de 1000 mètres, s'élève à peine à 3 m., mais surpasse, à coup sûr, 2 m. 5. Je regrette de ne pas avoir le temps de faire des calculs plus exacts.

D'après mon opinion, on ne peut guère parler d'une limite des neiges en Laponie. Certains indices semblent indiquer qu'on pourrait placer la limite climatique, dans cette région, à une altitude de 1400 mètres (voir mon mémoire: Die Schneedecke der lappländischen Hochgebirge). Dans ce cas, l'altitude pour laquelle vous désirez la valeur de l'ablation serait de 1000 mètres.»

Il me semble que le chiffre de 2 m. 0, indiqué comme valeur de l'ablation au Grönland d'après Drygalski, est trop faible. Voici les résultats de DRYGALSKI³:

¹ A. MIETHE et H. HERGESELL, Mit Zeppelin nach Spitsbergen. Berlin 1911. P. 40.

² H. HESS, Die Gletscher. Brunswick 1904. P. 218.

³ ERICH VON DRYGALSKI, Grönland-Expedition etc., I. c., p. 253, 341, 348 et 357.

Sur le Grand Glacier Karajak,	à une altitude de	200 m.,	2.4 à 2.8 m.
—»—	Sermiarsut,	—»—	550 » 2.0 m.
—»—	—	—»—	260 » 2.0 »
—»—	Kome,	—»—	480 » 2.22 »

La limite des neiges dans la région de Karajak est déterminée par DRYGALSKI entre 700 et 800 mètres ¹. Nous devons donc chercher l'ablation à une altitude de 300 à 400 mètres, et à cette altitude on ne peut admettre, ce me semble, une valeur inférieure à 2 m. 2.

On obtient alors les valeurs suivantes de l'ablation à 400 mètres au-dessous de la limite des neiges:

Spitsberg	(79° L. N.)	1.4 m.
Grönland	(70° 30' »)	2.2 »
Scandinavie	(67° 20' »)	2.5 à 3.0 m. (moy. 2.75 m.)
Alpes	(40° »)	4.0 m.

¹ ERICH VON DRYGALSKI, Grönland-Expedition etc., I. c., p. 249.

Légende des planches et des cartes.

Pl. I.

Vue prise de la station 18. A gauche le Glacier Öyen. Sur le Glacier Lilliehöök, on voit distinctement la crête à l'ouest fortement crevassée, la partie centrale presque sans crevasses et la moitié orientale sillonnée de crevasses parallèles. La poussière se dispose en bandes bien visibles. La pyramide au premier plan à droite est le sommet septentrional (855 m.) de la Presqu'île du Roi Haakon. La vue s'étend jusqu'aux limites du Glacier Lilliehöök vers les Sept Glaciers, le Glacier Waggonway, le Glacier de Smeerenburg et le Grand Glacier.

Pl. II.

Fig. 1. Falaise de la partie occidentale du Glacier Lilliehöök. La photographie montre comment l'eau de mer sape la partie du glacier située au-dessus du niveau de la mer.

Fig. 2. Vue prise de la station 14 a. A gauche le Glacier Öyen avec sa moraine frontale, à droite le coin sud-ouest du Glacier Lilliehöök, et au milieu les moraines riveraines de celui-ci. On voit la nappe d'eau de 1 m.7 d'altitude.

Pl. III.

L'amas de neige sur la côte est du Green Garbour au sud de la station télégraphique. Au fond le Mt. Heer. La figure est empruntée à A. MIETHE et H. HERGESELL, Mit Zeppelin nach Spitzbergen. Berlin 1911. Page 40.

Pl. IV.

L'endroit où était situé, jusqu'à l'automne de 1911, l'amas de neige sur la planche III. Celui-ci s'étendait jusqu'au sommet de la falaise.

Carte I.

Cette carte représente le Glacier Lilliehöök et ses environs. Elle est une copie de la carte levée par la mission Isachsen de l'expédition du Prince de Monaco en 1906 et 1907¹.

Carte II.

La carte montre les différentes positions des pierres et des forures ainsi que le front du glacier en 1906, 1910 et 1912. Les chiffres placés sur certains points des fronts du glacier, indiquent l'altitude des fronts en mètres. Le front de 1906 est construit à l'aide des photogrammes pris, le 21 août, de la station 18, et, le 29 août, de la station XXXIII (384 m.) au sud du Port Signe². Le front de 1910 est levé à l'aide des photogrammes pris, le 29 août, de la station XXXIII, et celui de 1912, par visées de théodolite des points remarquables du front, des stations 15 et 14 a, le 25 juillet 1912.

Carte III.

La carte est levée au tachéomètre par HOEL, le 18 août 1911 et le 25 juillet 1912; sa construction est due à l'ingénieur ALFRED KOLLER. Elle représente le coin sud-ouest du Glacier Lilliehöök avec ses moraines riveraines, le terrain au sud et à l'ouest du dit glacier, ainsi que le front du Glacier Öyen. Ce dernier se termine par un front à pic, couvert par une moraine frontale (Pl. II, fig. 2). La limite indiquée sur la carte représente le pied de cette moraine. Au sommet à gauche, on voit une partie du torrent glaciaire provenant du Glacier Öyen.

Le Glacier Lilliehöök est entouré par deux moraines riveraines. La plus ancienne, haute de 9 à 10 mètres, se compose de sable et de gravier. Sur son côté extérieur, il y a une petite nappe d'eau, dont l'altitude est de 6 m.3, dans un enfoncement de la moraine, se trouve une autre nappe d'eau d'une altitude de 1 m.7. La moraine est couverte de végétation.

Sur le bord même du glacier se trouve une moraine en formation; sa hauteur est de 5 à 6 mètres. Entre la moraine et le glacier, il y a une nappe d'eau, dont l'altitude est de 2 m. 7.

¹ GUNNAR ISAGHSEN, Exploration du Nord-Ouest du Spitsberg, etc., l. c, carte VIII.

² GUNNAR ISACHSEN, Exploration du Nord-Ouest du Spitsberg, etc., l. c. p. 56.

Entre les deux moraines coule un torrent glaciaire formé par la confluence du torrent provenant du Glacier Öyen et un autre venant du Glacier Lilliehöök. Le lit de ce torrent est couvert de glace et de neige jusqu'au milieu d'août. Au sud de l'embouchure de ce torrent, la roche vive est couverte de moraine de fond. Celle-ci est limitée, vers le sud, par le canyon le plus méridional des trois canyons septentrionaux. Au sud de celui-ci, la roche est à nu.

Comme on le voit, il y a une dépression au sud et à l'ouest du Glacier Lilliehöök. Pendant que le glacier s'étendait jusqu'à la moraine extérieure, il se produisit une obturation de cette dépression, et il se forma un petit lac dans le bassin. L'altitude du lac était au commencement de 15 mètres. Il se cherchait une issue près du front du glacier. Le torrent a engendré 4 petits canyons dans la roche qui se compose de micachiste. Leur profondeur est de 2 à 3 mètres.

Ce phénomène se reproduit chaque fois que le glacier s'avance jusqu'à la moraine extérieure.

Imprimé le 8 août 1916.



Isachsen phot. 30 aout 1909.



Fig. 1. 10. 1916.

Fig. 2. 10. 1916.



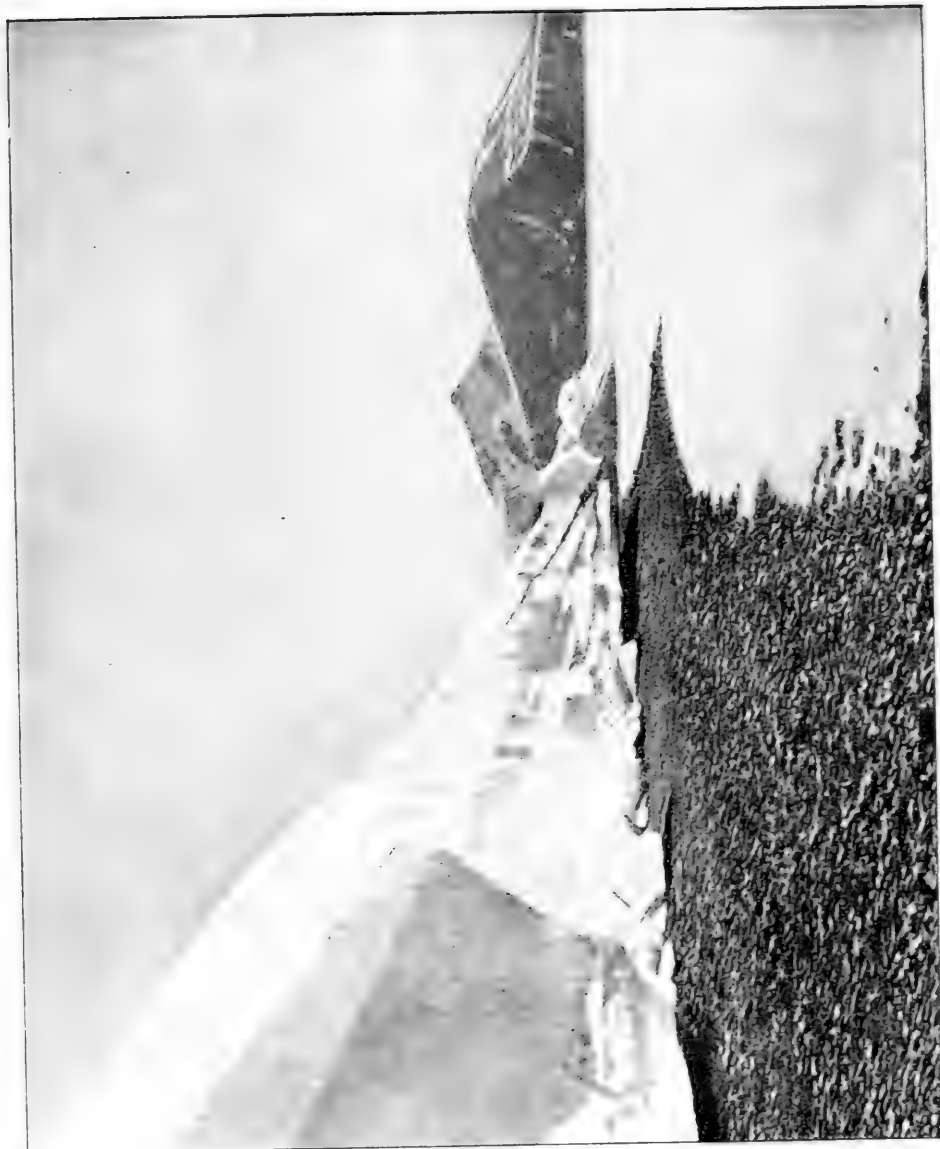
M. Bourée phot. 1906.

Fig. 1. Falaïse du front du Glacier Lilliehørk.



Hæel phot. 18 août 1911.

Fig. 2. Le terrain entre le Glacier Øyen et le Glacier Lilliehørk.



A. Mielke phot. 16 juillet 1910.
Amas de neige sur la côte est du Green Harbour.

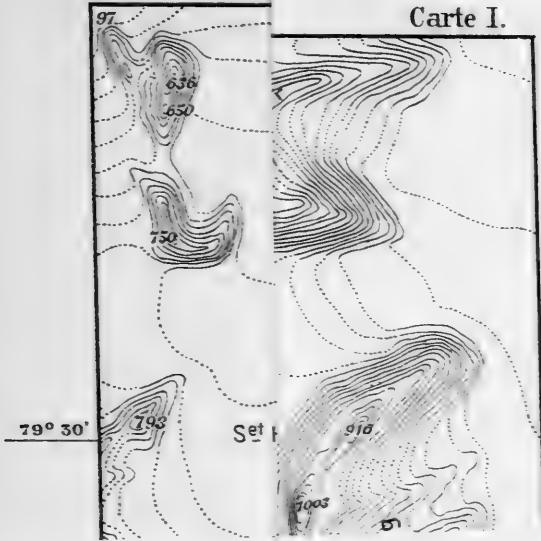


Koller phot. 30 août 1912.

La côte est du Green Harbour.

Vid-Selsk. Skr. I. N.

Carte I.

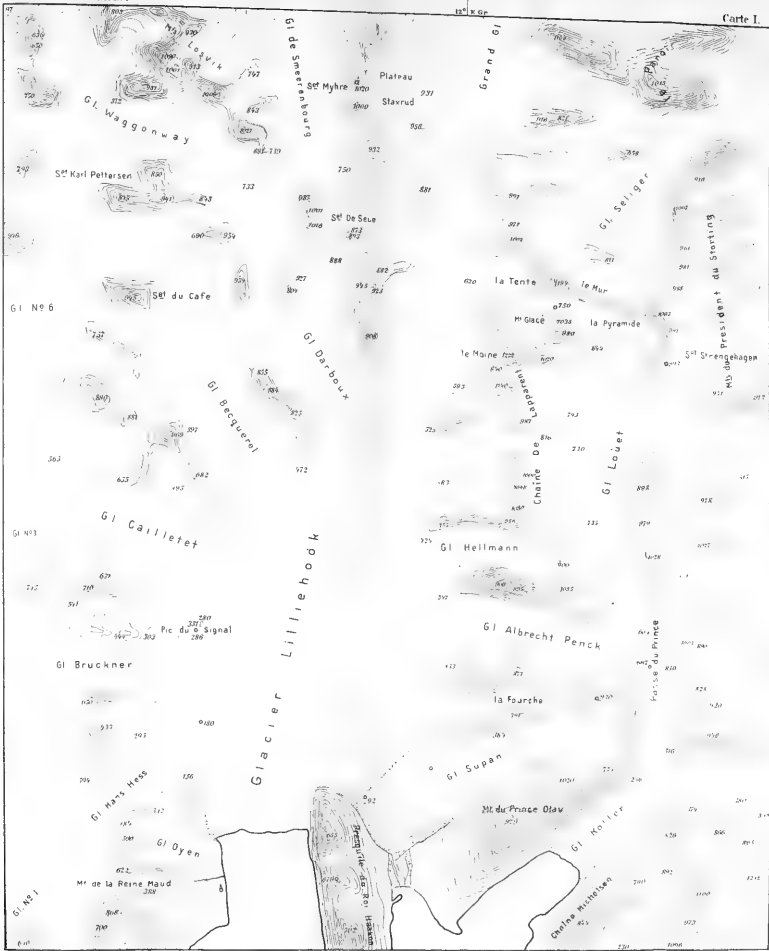


GLACIER LILLIEHÖÖK

et de ses environs

Vid Selsk Skr. I M. N. K. I 1918 N^o 4

Carte I.



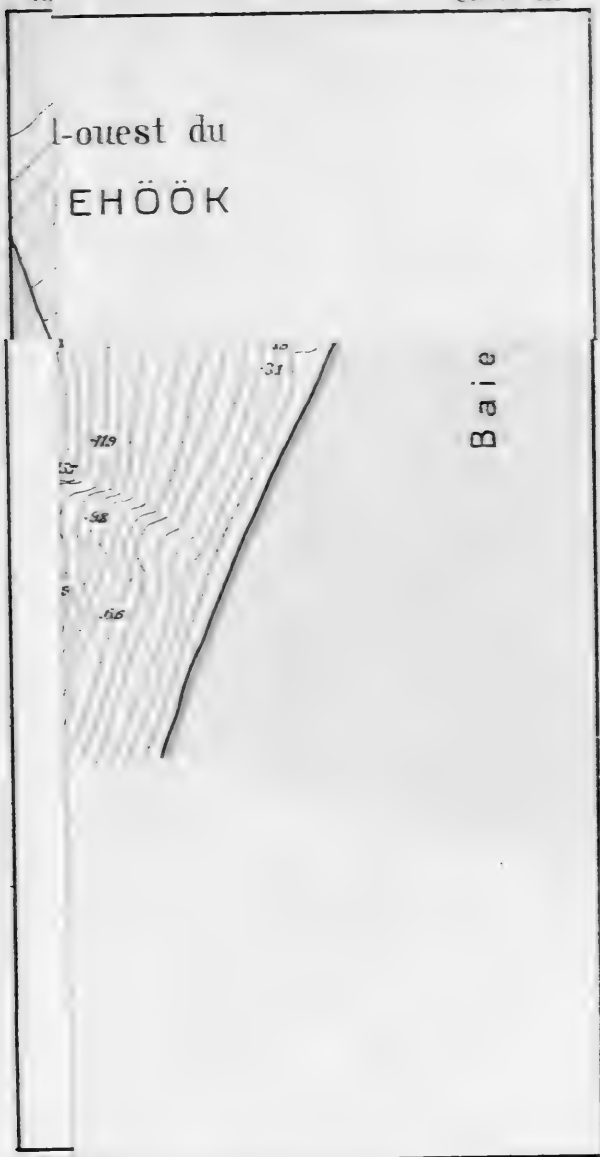
Echelle 1000000

D'après la Mission Isachsen 1906 07.



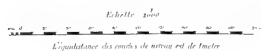
L'équidistance des courbes de niveau est de 50 mètres





Carte du coin sud-ouest du
GLACIER LILLIEHOOK

par
Adolf Hoel.



Glacier Oyen

Glacier
Lilliehook

Baie Lilliehook

QUELQUES THÉORÈMES GÉNÉRAUX SUR LE MOUVEMENT D'UN CORPUSCULE ÉLECTRIQUE DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

PAR

CARL STØRMER

II

VIDENSKAPSELSKAPETS SKRIFTER. I. MAT.-NATURV. KLASSE. 1916. No. 51

UTGIT FOR FRIDTJOF NANSENS FOND

KRISTIANIA
EN COMMISSION CHEZ JACOB DYBWAD

1916

Fremlagt i fællesmøtet den 3dje mai 1916.

En 1912 j'ai publié une première partie des recherches que j'ai entreprises avant 1908 et continuées jusqu'en septembre 1910¹, sur le mouvement d'un corpuscule électrique dans un champ magnétique général. Le présent mémoire a été terminé déjà en 1910; mais différentes circonstances en ont retardé la publication.

Plus tard j'ai remarqué que les principaux résultats du paragraphe 7 sur le champ magnétique sont déjà connus par les recherches d'ENRICO BETTI (Voir son livre *Theorica delle force newtoniane*, Pisa 1879, Chapitre 3, § III).

Aussi LEVI-CIVITA a simplifié beaucoup la déduction des équations canoniques, dans une lettre que j'ai fait publier dans les *Archiv for Mathematik og Naturvidenskab* en 1911².

Tout de même, comme je ne reprendrai probablement pas ces recherches, je crois utile de publier cette dernière partie telle qu'elle est; les recherches originales se trouvent maintenant dans la collection des manuscrits et calculs que j'ai donnée à la Bibliothèque de l'Université de Kristiania, et qui est enregistrée comme Mn. no. 657, Fol.

7. Dégression sur le champ magnétique³.

Avant de développer une autre forme remarquable des équations différentielles

$$\left. \begin{aligned} a \frac{d^2x}{ds^2} &= H_y \frac{dz}{ds} - H_z \frac{dy}{ds} \\ a \frac{d^2y}{ds^2} &= H_z \frac{dx}{ds} - H_x \frac{dz}{ds} \\ a \frac{d^2z}{ds^2} &= H_x \frac{dy}{ds} - H_y \frac{dx}{ds} \end{aligned} \right\} \quad (II)$$

¹ Voir: *Théorèmes sur les équations générales du mouvement d'un corpuscule dans un champ magnétique et un champ électrique superposés*, Comptes Rendus du 12 septembre 1910 et *Formes canoniques des équations générales du mouvement d'un corpuscule dans un champ magnétique et un champ électrique superposés*. Ibid. 26 septembre 1910. Paris.

² Voir l. c. Tome XXXI, no. 12.

³ Ce qui est la continuation du § 6 du premier mémoire.

il sera nécessaire d'étudier un peu les propriétés du champ magnétique.

Nous supposons vérifiée la condition

$$\frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} + \frac{\partial H_z}{\partial z} = 0 \quad (10)$$

ce qui aura lieu en particulier, si le champ dérive d'un potentiel newtonien.

Alors H_x , H_y et H_z peuvent, d'après JACOBI, être exprimés, à l'aide de deux fonctions U et W de x , y , z , de la manière suivante:

$$\left. \begin{aligned} H_x &= \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial y} \\ H_y &= \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial z} \\ H_z &= \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

En appelant K le vecteur dont les projections sont $\frac{\partial U}{\partial x}$, $\frac{\partial U}{\partial y}$, $\frac{\partial U}{\partial z}$, et L celui dont les projections sont $\frac{\partial W}{\partial x}$, $\frac{\partial W}{\partial y}$, $\frac{\partial W}{\partial z}$, les équations (11) signifient¹ simplement que

$$H = \text{Produit vectoriel } (L \times K)$$

Il sera peut-être utile de reproduire ici une démonstration de ce fait¹.

A cet effet, remarquons d'abord que les lignes de force du champ magnétique sont définies par les équations

$$\frac{dx}{H_x} = \frac{dy}{H_y} = \frac{dz}{H_z}$$

dont l'intégration est équivalente à l'intégration de l'équation aux dérivées partielles

$$H_x \frac{\partial f}{\partial x} + H_y \frac{\partial f}{\partial y} + H_z \frac{\partial f}{\partial z} = 0 \quad (12)$$

Comme on le sait, l'intégrale générale de cette équation aura la forme

$$f = F(\varphi, \psi)$$

où φ et ψ sont deux intégrales particulières, qui ne sont pas fonctions l'une de l'autre. On aura donc aussi

¹ Je dois à mon collègue, le professeur V. Bjerknes, la connaissance de l'existence de cette représentation du vecteur H . Pour la démonstration, voir p. ex. Sophus Lie: Geometrie der Berührungstransformationen I, p. 200.

$$H_x \frac{\partial \eta}{\partial x} + H_y \frac{\partial \eta}{\partial y} + H_z \frac{\partial \eta}{\partial z} = 0$$

$$H_x \frac{\partial \psi}{\partial x} + H_y \frac{\partial \psi}{\partial y} + H_z \frac{\partial \psi}{\partial z} = 0$$

Appellons, pour abréger, $\begin{pmatrix} PQ \\ uv \end{pmatrix}$ le déterminant

$$\frac{\partial P}{\partial u} \frac{\partial Q}{\partial v} - \frac{\partial P}{\partial v} \frac{\partial Q}{\partial u}$$

Alors on aura

$$\frac{H_x}{\begin{pmatrix} \eta \psi \\ yz \end{pmatrix}} = \frac{H_y}{\begin{pmatrix} \eta \psi \\ zx \end{pmatrix}} = \frac{H_z}{\begin{pmatrix} \eta \psi \\ xy \end{pmatrix}}$$

La valeur commune de ces trois rapports sera une fonction de x, y, z , que nous appellerons ϱ . Alors

$$H_x = \begin{pmatrix} \eta \psi \\ yz \end{pmatrix} \varrho, \quad H_y = \begin{pmatrix} \eta \psi \\ zx \end{pmatrix} \varrho, \quad H_z = \begin{pmatrix} \eta \psi \\ xy \end{pmatrix} \varrho$$

Substituons ces valeurs dans l'équation (10). On aura donc :

$$\begin{aligned} & \begin{pmatrix} \eta \psi \\ yz \end{pmatrix} \frac{\partial \varrho}{\partial x} + \begin{pmatrix} \eta \psi \\ zx \end{pmatrix} \frac{\partial \varrho}{\partial y} + \begin{pmatrix} \eta \psi \\ xy \end{pmatrix} \frac{\partial \varrho}{\partial z} + \\ & + \left[\frac{\partial}{\partial x} \begin{pmatrix} \eta \psi \\ yz \end{pmatrix} + \frac{\partial}{\partial y} \begin{pmatrix} \eta \psi \\ zx \end{pmatrix} + \frac{\partial}{\partial z} \begin{pmatrix} \eta \psi \\ xy \end{pmatrix} \right] \varrho = 0 \end{aligned}$$

Mais, par un calcul direct, on voit que la parenthèse est nulle; en multipliant ensuite l'équation par ϱ , on aura

$$H_x \frac{\partial \varrho}{\partial x} + H_y \frac{\partial \varrho}{\partial y} + H_z \frac{\partial \varrho}{\partial z} = 0$$

Donc la fonction ϱ vérifie l'équation (12) et sera par conséquent fonction de η et ψ seuls :

$$\varrho = R(\eta, \psi)$$

Cela posé, soient U et W deux fonctions de η et ψ définies par l'équation

$$\frac{\partial U}{\partial \eta} \frac{\partial W}{\partial \psi} - \frac{\partial U}{\partial \psi} \frac{\partial W}{\partial \eta} = R(\eta, \psi) \quad (13)$$

Il existe une infinité de pareilles fonctions U et W ; par exemple en supposant U donné, on aura pour W une équation aux dérivées partielles du premier ordre, qui a une infinité de solutions.

On aura alors

$$\left(\frac{UW}{yz}\right) = \left(\frac{UW}{\varphi\psi}\right) \cdot \left(\frac{\varphi\psi}{yz}\right) = R(\varphi, \psi) \cdot \left(\frac{\varphi\psi}{yz}\right) = \left(\frac{\varphi\psi}{yz}\right) \varrho$$

c'est-à-dire

$$H_x = \left(\frac{UW}{yz}\right) = \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial y}$$

et de la même manière

$$H_y = \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial z}$$

$$H_z = \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial x}$$

c. q. f. d.

L'existence de la représentation du vecteur H étant ainsi établie, il est facile de voir qu'on peut déduire toutes les représentations d'une d'entre elles, par une simple transformation.

Soit, en effet,

$$\left. \begin{aligned} H_x &= \frac{\partial U_1}{\partial y} \frac{\partial W_1}{\partial z} - \frac{\partial U_1}{\partial z} \frac{\partial W_1}{\partial y} \\ H_y &= \frac{\partial U_1}{\partial z} \frac{\partial W_1}{\partial x} - \frac{\partial U_1}{\partial x} \frac{\partial W_1}{\partial z} \\ H_z &= \frac{\partial U_1}{\partial x} \frac{\partial W_1}{\partial y} - \frac{\partial U_1}{\partial y} \frac{\partial W_1}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (11')$$

une autre représentation quelconque. On en déduit

$$H_x \frac{\partial U_1}{\partial x} + H_y \frac{\partial U_1}{\partial y} + H_z \frac{\partial U_1}{\partial z} = 0$$

$$H_x \frac{\partial W_1}{\partial x} + H_y \frac{\partial W_1}{\partial y} + H_z \frac{\partial W_1}{\partial z} = 0$$

U_1 et W_1 sont ainsi deux intégrales de l'équation (12), et par conséquent elles sont fonctions de φ et de ψ seuls. Mais comme U et W sont aussi fonctions de φ et de ψ , dont le déterminant fonctionnel n'est pas identiquement nul, U_1 et W_1 seront fonctions de U et de W , de manière qu'on peut écrire

$$U_1 = A(U, W)$$

$$W_1 = B(U, W)$$

On en tire

$$\frac{\partial U_1}{\partial y} \frac{\partial W_1}{\partial z} - \frac{\partial U_1}{\partial z} \frac{\partial W_1}{\partial y} = \left(\frac{\partial A}{\partial U} \frac{\partial B}{\partial W} - \frac{\partial A}{\partial W} \frac{\partial B}{\partial U} \right) \left(\frac{\partial U'}{\partial y} \frac{\partial W'}{\partial z} - \frac{\partial U'}{\partial z} \frac{\partial W'}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial z} \frac{\partial W_1}{\partial x} - \frac{\partial U_1}{\partial x} \frac{\partial W_1}{\partial z} = \left(\frac{\partial A}{\partial U} \frac{\partial B}{\partial W} - \frac{\partial A}{\partial W} \frac{\partial B}{\partial U} \right) \left(\frac{\partial U'}{\partial z} \frac{\partial W'}{\partial x} - \frac{\partial U'}{\partial x} \frac{\partial W'}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial x} \frac{\partial W_1}{\partial y} - \frac{\partial U_1}{\partial y} \frac{\partial W_1}{\partial x} = \left(\frac{\partial A}{\partial U} \frac{\partial B}{\partial W} - \frac{\partial A}{\partial W} \frac{\partial B}{\partial U} \right) \left(\frac{\partial U'}{\partial x} \frac{\partial W'}{\partial y} - \frac{\partial U'}{\partial y} \frac{\partial W'}{\partial x} \right)$$

Donc, à cause des équations (11) et (11'), on aura

$$\frac{\partial A}{\partial U} \frac{\partial B}{\partial W} - \frac{\partial A}{\partial W} \frac{\partial B}{\partial U} = 1$$

Donc toutes les représentations se déduisent d'une d'elles par une transformation à déterminant fonctionnel égal à l'unité.

Disons quelques mots sur la signification physique des fonctions U et W .

Tout d'abord, U et W étant des intégrales de l'équation aux dérivées partielles

$$H_x \frac{\partial f}{\partial x} + H_y \frac{\partial f}{\partial y} + H_z \frac{\partial f}{\partial z} = 0$$

les surfaces $U = \text{constante}$ et $W = \text{constante}$ sont toutes les deux engendrées par des lignes de force, et, vice versa, chaque ligne de force sera l'intersection entre deux surfaces

$$U = \text{constante}$$

$$W = \text{constante}$$

Donc la force magnétique en un point (x, y, z) du champ sera tangente aux surfaces $U = \text{constante}$, $W = \text{constante}$ passant par ce point.

Nous n'avons pas encore fait usage de la manière spéciale dont les fonctions U et W ont été choisies, c'est-à-dire de la relation

$$H = \text{Produit vectoriel } (L \times K)$$

Pour cela, considérons un tube de force entre les quatres surfaces

$$\begin{array}{ll} U = U_0 & W = W_0 \\ U = U_0 + J & W = W_0 + J' \end{array}$$

Nous supposons J et J' infiniment petits et désignons par $d\sigma$ la section du tube faite par un plan passant par un point (x, y, z) du tube et normale à la force magnétique H en ce point.

Comme on le sait, le «flux de force» $Hd\sigma$ sera le même tout le long du tube de force.

Calculons ce flux de force. Soient ε et ε' les côtés de l'élément, et ω l'angle entre ε et ε' .

En se rappelant que

$$L = \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2} = \lim \frac{U_1 - U_0}{l}$$

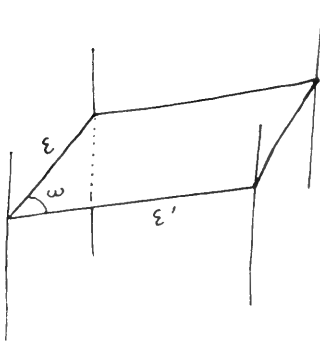


Fig. 1.

où U_1 est la valeur de U en un point sur la normale à la surface $U = U_0$, à la distance de l de cette surface, on aura, en choisissant l égal à la distance des surfaces $U = U_0$ et $U = U_0 + J$:

$$l = \varepsilon \cos(90^\circ - \omega) = \varepsilon \sin \omega$$

et

$$L = \frac{J}{\varepsilon \sin \omega}$$

à des infiniment petits d'un ordre supérieur près. Donc

$$\varepsilon = \frac{J}{L \sin \omega}$$

De la même manière

$$\varepsilon' = \frac{J'}{M \sin \omega}$$

Comme d'autre part

$$d\sigma = \varepsilon \varepsilon' \sin \omega$$

$$H = LM \sin \omega$$

cela donne pour le flux de force dans le tube

$$\begin{aligned} U &= U_0 & W &= W_0 \\ U &= U_0 + J & W &= W_0 + J' \end{aligned}$$

l'expression simple JJ' .

Donc, si l'on divise le champ magnétique en tubes de force infiniment étroits par les deux séries de surfaces

$$\begin{array}{ccc} \vdots & & \vdots \\ U = U_0 - 2J & \text{et} & W = W_0 - 2J' \\ U = U_0 - J & & W = W_0 - J' \\ U = U_0 & & W = W_0 \\ U = U_0 + J & & W = W_0 + J' \\ U = U_0 + 2J & & W = W_0 + 2J' \\ \vdots & & \vdots \end{array}$$

le flux de force dans ces tubes sera partout le même, égal au produit JJ' .

Il est facile d'écrire les équations (11) *en coordonnées curvilignes quelconques* q_1, q_2, q_3 .

Conservons les notations des paragraphes précédents. Appelons H_1, H_2 et H_3 les projections du vecteur H sur les directions D_1, D_2 et D_3 et considérons ces projections comme fonctions de q_1, q_2 et q_3 . Les projections du vecteur L sur ces mêmes directions seront

$$\frac{1}{\sqrt{m_{11}}} \frac{\partial W}{\partial q_1}, \quad \frac{1}{\sqrt{m_{22}}} \frac{\partial W}{\partial q_2}, \quad \frac{1}{\sqrt{m_{33}}} \frac{\partial W}{\partial q_3}$$

et celles du vecteur K

$$\frac{1}{\sqrt{m_{11}}} \frac{\partial U}{\partial q_1}, \quad \frac{1}{\sqrt{m_{22}}} \frac{\partial U}{\partial q_2}, \quad \frac{1}{\sqrt{m_{33}}} \frac{\partial U}{\partial q_3}$$

En substituant cela dans les équations IX, et en tenant compte des équations (9) (Voir le premier mémoire), on obtiendra

$$\left. \begin{aligned} \pm \sqrt{m_{11}} H_1 &= \frac{1}{\sqrt{J}} (m_{11}Q_1 + m_{12}Q_2 + m_{13}Q_3) \\ \pm \sqrt{m_{22}} H_2 &= \frac{1}{\sqrt{J}} (m_{21}Q_1 + m_{22}Q_2 + m_{23}Q_3) \\ \pm \sqrt{m_{33}} H_3 &= \frac{1}{\sqrt{J}} (m_{31}Q_1 + m_{32}Q_2 + m_{33}Q_3) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

où

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= \frac{\partial U}{\partial q_2} \frac{\partial W}{\partial q_3} - \frac{\partial U}{\partial q_3} \frac{\partial W}{\partial q_2} \\ Q_2 &= \frac{\partial U}{\partial q_3} \frac{\partial W}{\partial q_1} - \frac{\partial U}{\partial q_1} \frac{\partial W}{\partial q_3} \\ Q_3 &= \frac{\partial U}{\partial q_1} \frac{\partial W}{\partial q_2} - \frac{\partial U}{\partial q_2} \frac{\partial W}{\partial q_1} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

et où le signe $+$ ou $-$ devra être choisi selon que l'orientation des directions D_1, D_2 et D_3 sera comme celle de notre système $oxyz$ adopté ou non. Le déterminant J est défini au § 6 du premier mémoire.

En résolvant ces équations par rapport à Q_1, Q_2 et Q_3 on en tire vice-versa :

$$\left. \begin{aligned} \pm Q_1 &= \sqrt{J} [M_{11} \sqrt{m_{11}} H_1 + M_{12} \sqrt{m_{22}} H_2 + M_{13} \sqrt{m_{33}} H_3] \\ \pm Q_2 &= \sqrt{J} [M_{21} \sqrt{m_{11}} H_1 + M_{22} \sqrt{m_{22}} H_2 + M_{23} \sqrt{m_{33}} H_3] \\ \pm Q_3 &= \sqrt{J} [M_{31} \sqrt{m_{11}} H_1 + M_{32} \sqrt{m_{22}} H_2 + M_{33} \sqrt{m_{33}} H_3] \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

D'autre part, des équations (15) on tire

$$\frac{\partial Q_1}{\partial q_1} + \frac{\partial Q_2}{\partial q_2} + \frac{\partial Q_3}{\partial q_3} = 0 \quad \text{XIV}$$

ce qui donne l'équation cherchée :

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial q_1} \left(\sqrt{J} [M_{11} \sqrt{m_{11}} H_1 + M_{12} \sqrt{m_{22}} H_2 + M_{13} \sqrt{m_{33}} H_3] \right) + \\ & + \frac{\partial}{\partial q_2} \left(\sqrt{J} [M_{21} \sqrt{m_{11}} H_1 + M_{22} \sqrt{m_{22}} H_2 + M_{23} \sqrt{m_{33}} H_3] \right) + \\ & + \frac{\partial}{\partial q_3} \left(\sqrt{J} [M_{31} \sqrt{m_{11}} H_1 + M_{32} \sqrt{m_{22}} H_2 + M_{33} \sqrt{m_{33}} H_3] \right) = 0 \end{aligned} \right\} \text{XIV'}$$

ce qui représente, en coordonnées curvilignes la condition

$$\frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} + \frac{\partial H_z}{\partial z} = 0$$

Si en particulier, le champ magnétique derive d'un potentiel newtonien, on a

$$H_1 = \frac{1}{\sqrt{m_{11}}} \frac{\partial V}{\partial q_1}, \quad H_2 = \frac{1}{\sqrt{m_{22}}} \frac{\partial V}{\partial q_2}, \quad H_3 = \frac{1}{\sqrt{m_{33}}} \frac{\partial V}{\partial q_3}$$

et la condition XIV se réduit à l'équation de Laplace, en coordonnées curvilignes

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial q_1} \left(\sqrt{J} [M_{11} \frac{\partial V}{\partial q_1} + M_{12} \frac{\partial V}{\partial q_2} + M_{13} \frac{\partial V}{\partial q_3}] \right) + \\ & + \frac{\partial}{\partial q_2} \left(\sqrt{J} [M_{21} \frac{\partial V}{\partial q_1} + M_{22} \frac{\partial V}{\partial q_2} + M_{23} \frac{\partial V}{\partial q_3}] \right) + \\ & + \frac{\partial}{\partial q_3} \left(\sqrt{J} [M_{31} \frac{\partial V}{\partial q_1} + M_{32} \frac{\partial V}{\partial q_2} + M_{33} \frac{\partial V}{\partial q_3}] \right) = 0 \end{aligned} \right\} \text{XV}$$

En employant les fonctions R_1 , R_2 et R_3 du paragraphe 6 (Voir les formules X et XII), les conditions XIV et XV auront toutes les deux la forme

$$\frac{\partial R_1}{\partial q_1} + \frac{\partial R_2}{\partial q_2} + \frac{\partial R_3}{\partial q_3} = 0$$

8. Formes remarquables auxquelles on peut réduire les équations différentielles, en introduisant les fonctions U et W .

Nous allons voir que les équations différentielles prennent une forme remarquable quand on y introduit les fonctions U et W .

Partons des équations en coordonnées cartésiennes (I):

$$\left. \begin{aligned} \frac{m}{e} \frac{d^2x}{dt^2} &= H_y \frac{dz}{dt} - H_z \frac{dy}{dt} \\ \frac{m}{e} \frac{d^2y}{dt^2} &= H_z \frac{dx}{dt} - H_x \frac{dz}{dt} \\ \frac{m}{e} \frac{d^2z}{dt^2} &= H_x \frac{dy}{dt} - H_y \frac{dx}{dt} \end{aligned} \right\} \quad \text{I}$$

Introduisons ici

$$H_x = \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial y}, \quad H_y = \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial z}, \quad H_z = \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial x}$$

ce qui donne, en désignant, pour abréger, les dérivées $\frac{d}{dt}$ par un accent:

$$\begin{aligned} H_y z' - H_z y' &= \frac{\partial W}{\partial x} \left(\frac{\partial U}{\partial z} z' + \frac{\partial U}{\partial y} y' \right) - \frac{\partial U}{\partial x} \left(\frac{\partial W}{\partial z} z' + \frac{\partial W}{\partial y} y' \right) = \\ &= \frac{\partial W}{\partial x} \left(\frac{\partial U}{\partial x} x' + \frac{\partial U}{\partial y} y' + \frac{\partial U}{\partial z} z' \right) - \frac{\partial U}{\partial x} \left(\frac{\partial W}{\partial x} x' + \frac{\partial W}{\partial y} y' + \frac{\partial W}{\partial z} z' \right) \end{aligned}$$

c'est-à-dire

$$H_y \frac{dz}{dt} - H_z \frac{dy}{dt} = \frac{\partial W}{\partial x} \cdot \frac{dU}{dt} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{dW}{dt}$$

et ainsi de suite, donc on trouve le système

$$\left. \begin{aligned} \frac{m}{e} \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{\partial W}{\partial x} \frac{dU}{dt} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{dW}{dt} \\ \frac{m}{e} \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{\partial W}{\partial y} \frac{dU}{dt} - \frac{\partial U}{\partial y} \frac{dW}{dt} \\ \frac{m}{e} \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{\partial W}{\partial z} \frac{dU}{dt} - \frac{\partial U}{\partial z} \frac{dW}{dt} \end{aligned} \right\} \quad \text{XVI}$$

Pour avoir les équations en coordonnées curvilignes quelconques, on pourrait substituer dans les équations générales (Voir § 6) les expressions (14) pour H_1 , H_2 et H_3 . Cependant on arrive plus directement au but en suivant la méthode ordinaire pour établir les équations de Lagrange, c. a. d.

en multipliant respectivement les trois équations XVI par $\frac{\partial x}{\partial q_i}$, $\frac{\partial y}{\partial q_i}$ et $\frac{\partial z}{\partial q_j}$ et en en faisant la somme.

Au premier membre on trouve donc

$$\frac{m}{e} \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q_i'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} \right]$$

et au second membre :

$$\left[\frac{\partial W}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial q_i} + \frac{\partial W}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial q_i} + \frac{\partial W}{\partial z} \frac{\partial z}{\partial q_i} \right] \frac{dU}{dt} - \left[\frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial q_i} + \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial q_i} + \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial z}{\partial q_i} \right] \frac{dW}{dt}$$

c'est-à-dire simplement

$$\frac{\partial W}{\partial q_i} \frac{dU}{dt} - \frac{\partial U}{\partial q_i} \frac{dW}{dt}$$

Donc le système sera, en les coordonnées q_1, q_2, q_3 :

$$\begin{aligned} \frac{m}{e} \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q_1'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_1} \right] &= \frac{\partial W}{\partial q_1} \frac{dU}{dt} - \frac{\partial U}{\partial q_1} \frac{dW}{dt} \\ \frac{m}{e} \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q_2'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_2} \right] &= \frac{\partial W}{\partial q_2} \frac{dU}{dt} - \frac{\partial U}{\partial q_2} \frac{dW}{dt} \\ \frac{m}{e} \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial q_3'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_3} \right] &= \frac{\partial W}{\partial q_3} \frac{dU}{dt} - \frac{\partial U}{\partial q_3} \frac{dW}{dt} \end{aligned}$$

Ici q_i' désigne la dérivée par rapport à t .

Si l'on prend l'arc s comme variable indépendante, on trouve de même :

$$\left. \begin{aligned} a \left[\frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_1'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_1} \right] &= \frac{\partial W}{\partial q_1} \frac{dU}{ds} - \frac{\partial U}{\partial q_1} \frac{dW}{ds} \\ a \left[\frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_2'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_2} \right] &= \frac{\partial W}{\partial q_2} \frac{dU}{ds} - \frac{\partial U}{\partial q_2} \frac{dW}{ds} \\ a \left[\frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_3'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_3} \right] &= \frac{\partial W}{\partial q_3} \frac{dU}{ds} - \frac{\partial U}{\partial q_3} \frac{dW}{ds} \end{aligned} \right\} \quad \text{XVII}$$

où q_i' désigne maintenant la dérivée par rapport à s . Comme dans le § 6,

$$2T = \sum_{i,k} m_{ik} q_i' q_k'$$

J'ai publié ces équations¹ dans une Note dans les *Comptes Rendus* du 21 septembre 1908.

¹ Remarquez l'erreur de signe signalée parmi les errata.

Or, on obtient encore une simplification extrême, si l'on choisit:

pour coordonnée q_2 , la fonction U , et pour coordonnée q_3 , la fonction W . En effet, on aura alors, q_1 , q_2 et q_3 étant indépendantes l'une de l'autre:

$$\begin{array}{lll} \frac{\partial W}{\partial q_1} = 0 & \frac{\partial W}{\partial q_2} = 0 & \frac{\partial W}{\partial q_3} = 1 \\ \frac{\partial U}{\partial q_1} = 0 & \frac{\partial U}{\partial q_2} = 1 & \frac{\partial U}{\partial q_3} = 0 \end{array}$$

Donc le système XVII prend la forme

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_1'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_1} = 0 \\ \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_2'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_2} = -\frac{1}{a} q_3' \\ \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_3'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_3} = \frac{1}{a} q_2' \end{array} \right\} \quad \text{XVIII}$$

avec l'intégrale première

$$m_{11}q_1'^2 + m_{22}q_2'^2 + m_{33}q_3'^2 + 2m_{12}q_1'q_2' + 2m_{23}q_2'q_3' + 2m_{31}q_1'q_3' = 1$$

Ici $2T$ désigne, comme auparavant, le premier membre de cette équation, avec $q_1 q_2 q_3 q_1' q_2' q_3'$ considérées comme variables indépendantes pendant les dérivations partielles.

Remarquons ici quelques relations qui ont lieu entre les composants H_1 , H_2 et H_3 de la force magnétique et les $m_{i,k}$. Tout d'abord les équations (15) se réduisent à:

$$Q_1 = 1, \quad Q_2 = 0, \quad Q_3 = 0$$

En substituant cela dans les équations (14) on obtiendra

$$\left. \begin{array}{l} H_1 = \pm \sqrt{\frac{m_{11}}{J}} \\ H_2 = \pm \frac{m_{21}}{\sqrt{m_{22}J}} \\ H_3 = \pm \frac{m_{31}}{\sqrt{m_{33}J}} \end{array} \right\} \quad (17)$$

Ici H_1 est en valeur absolue égal à la force magnétique elle-même; en effet, la direction D_1 est tangente à la courbe d'intersection entre les surfaces

$$q_2 = \text{const.}$$

et

$$q_3 = \text{const.}$$

qui d'après notre choix est une ligne de force.

On obtient encore une autre forme remarquable du système XVIII, en introduisant les variables de Poisson :

$$\frac{\partial T}{\partial q_1'} = p_1, \quad \frac{\partial T}{\partial q_2'} = p_2, \quad \frac{\partial T}{\partial q_3'} = p_3$$

On trouve alors par des procédés connus :

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1}{ds} &= -\frac{\partial \bar{T}}{\partial q_1} & \frac{\partial q_1}{ds} &= \frac{\partial \bar{T}}{\partial p_1} \\ \frac{dp_2}{ds} &= -\frac{\partial \bar{T}}{\partial q_2} - \frac{1}{a} \frac{\partial \bar{T}}{\partial p_2} & \frac{dq_2}{ds} &= \frac{\partial \bar{T}}{\partial p_2} \\ \frac{dp_3}{ds} &= -\frac{\partial \bar{T}}{\partial q_3} + \frac{1}{a} \frac{\partial \bar{T}}{\partial p_3} & \frac{dq_3}{ds} &= \frac{\partial \bar{T}}{\partial p_3} \end{aligned} \right\} \quad \text{XIX}$$

avec l'intégrale

$$2T = 1$$

où

$$2T = M_{11} p_1^2 + M_{22} p_2^2 + M_{33} p_3^2 + 2M_{12} p_1 p_2 + 2M_{23} p_2 p_3 + 2M_{31} p_3 p_1$$

Sous cette forme remarquable, les équations rappellent les équations canoniques de la mécanique. Je les ai publiées dans la Note déjà citée du 21 septembre 1908.

Considérons maintenant le cas particulier où *le champ magnétique dérive d'un potentiel newtonien V*. On aura alors

$$H_x = \frac{\partial V}{\partial x}, \quad H_y = \frac{\partial V}{\partial y}, \quad H_z = \frac{\partial V}{\partial z}$$

et on en tire

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial z} \frac{\partial U}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial z} &= 0 \end{aligned}$$

Comme nous avons déjà choisi U et W comme coordonnées q_2 et q_3 nous choisissons

$$q_1 = V$$

Alors les équations ci dessus expriment que la surface $q_1 = \text{const.}$ coupe chacune des surfaces $q_2 = \text{const.}$ et $q_3 = \text{const.}$ orthogonalement, d'où on tire

$$m_{12} = m_{21} = 0$$

$$m_{13} = m_{31} = 0$$

de manière que

$$J = \begin{vmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{vmatrix} = m_{11} (m_{22} m_{33} - m_{23}^2)$$

et

$$M_{12} = M_{21} = 0$$

$$M_{31} = M_{13} = 0$$

Les équations (17) se réduisent donc à

$$H_1 = \pm \frac{1}{\sqrt{m_{22} m_{33} - m_{23}^2}}$$

$$H_2 = 0$$

$$H_3 = 0$$

Comme la force magnétique H est dirigée vers les V croissants, on aura donc $H = H_1$ et on aura à choisir le signe $+$ de manière que

$$H = \frac{1}{\sqrt{m_{22} m_{33} - m_{23}^2}} \quad (18)$$

Cette relation a une signification géométrique intéressante. En effet, si l'on désigne par

$$q_1 = c$$

la surface équipotentielle passant par le point considéré, où la force magnétique est $= H$, les équations

$$x = x(c, q_2, q_3)$$

$$y = y(c, q_2, q_3)$$

$$z = z(c, q_2, q_3)$$

seront les équations de cette surface; q_2 et q_3 seront alors des paramètres. Comme on le sait, l'élément de surface $d\sigma$ sera donné par la formule

$$d\sigma = \sqrt{m_{22} m_{33} - m_{23}^2} dq_2 dq_3$$

de manière que la formule (18) peut s'écrire:

$$d\sigma = \frac{dq_2 dq_3}{H} \quad (18')$$

Une partie S de la surface peut donc être représentée par la formule

$$S = \iint_{(A)} \frac{dq_2 dq_3}{H} \quad (18'')$$

où (A) désigne le champ d'intégration en les variables q_2 et q_3 correspondant à S et où, dans l'expression de H comme fonction de q_1, q_2, q_3 , q_1 reste constante $= c$. Cela est d'ailleurs une conséquence de l'expression du flux de force $Hd\sigma$ calculée au § précédent.

D'autre part, on a

$$H = H_1 = \frac{1}{\sqrt{m_{11}}} \frac{\partial V}{\partial q_1} = \frac{1}{\sqrt{m_{11}}}$$

de manière que la formule (18) donne la relation

$$m_{11} = m_{22} m_{33} - m_{23}^2 \quad \text{XX}$$

d'où

$$M_{11} = \frac{1}{m_{11}}, \quad M_{22} = \frac{m_{33}}{m_{11}}, \quad M_{33} = \frac{m_{22}}{m_{11}}, \quad M_{23} = -\frac{m_{23}}{m_{11}} \quad \text{XX}'$$

9. Intégrale définie à variation nulle. Propriété fondamentale de la trajectoire relative au nombre de tubes de force qu'elle entoure.

Les équations XVIII

$$\begin{aligned} \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_1'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_1} &= 0 \\ \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_2'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_2} &= -\frac{1}{a} q_3' \\ \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_3'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_3} &= \frac{1}{a} q_2' \end{aligned}$$

avec l'intégrale première

$$2T = 1$$

vont nous offrir un nouveau point de départ pour des recherches importantes. En effet, nous allons voir que l'on peut en déduire diverses formes remarquables des équations générales et les associer avec d'intéressantes propriétés de maxima et minima de certaines intégrales définies le long des courbes dans l'espace.

Introduisons dans les équations ci-dessus, d'après l'exemple de M. Painlevé¹, q_3 comme variable indépendante, au lieu de s . Posons, pour abrégé,

$$\frac{dq_1}{dq_3} = q_{(1)}', \quad \frac{dq_2}{dq_3} = q_{(2)}'$$

¹ Voir P. Painlevé Leçons sur l'intégration des équations différentielles de la mécanique p. 236. Paris 1895.

Au lieu de la troisième équation XVIII, qui est superflue, choisissons l'équation $2T = 1$, d'où on tire

$$ds = \sqrt{\Sigma} dq_3$$

où

$$\Sigma = m_{11} q_{(1)}'^2 + m_{22} q_{(2)}'^2 + 2m_{12} q_{(1)}' q_{(2)}' + 2m_{13} q_{(1)}' + 2m_{23} q_{(2)}' + m_{33}$$

Alors, si f est une fonction de s , on aura

$$\frac{df}{ds} = \frac{df}{dq_3} \cdot \frac{dq_3}{ds} = \frac{1}{\sqrt{\Sigma}} \frac{df}{dq_3}$$

Donc

$$\frac{\partial T}{\partial q_1'} = m_{11} q_1' + m_{12} q_2' + m_{13} q_3' = \frac{1}{2\sqrt{\Sigma}} \frac{\partial \Sigma}{\partial q_{(1)}'} ,$$

c'est-à-dire

$$\frac{\partial T}{\partial q_1'} = \frac{\partial \sqrt{\Sigma}}{\partial q_{(1)'}}$$

et

$$\frac{\partial T}{\partial q_1} = \frac{1}{2} \sum_{i,k} \frac{\partial m_{ik}}{\partial q_1} q_i' q_k' = \frac{1}{2\Sigma} \frac{\partial \Sigma}{\partial q_1} = \frac{1}{\sqrt{\Sigma}} \frac{\partial \sqrt{\Sigma}}{\partial q_1}$$

et de même manière

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial q_2'} &= \frac{\partial \sqrt{\Sigma}}{\partial q_{(2)'}} \\ \frac{\partial T}{\partial q_2} &= \frac{1}{\sqrt{\Sigma}} \frac{\partial \sqrt{\Sigma}}{\partial q_2} \end{aligned}$$

On aura donc le système transformé en:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dq_3} \left(\frac{\partial \sqrt{\Sigma}}{\partial q_{(1)'}} \right) - \frac{\partial \sqrt{\Sigma}}{\partial q_1} &= 0 \\ \frac{d}{dq_3} \left(\frac{\partial \sqrt{\Sigma}}{\partial q_{(2)'}} \right) - \frac{\partial \sqrt{\Sigma}}{\partial q_2} &= -\frac{1}{a} \end{aligned} \right\} \quad \text{XXI}$$

Si l'on introduit ici la fonction

$$F = \sqrt{\Sigma} - \frac{1}{a} q_2 ,$$

le système prendra la forme remarquable

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dq_3} \left(\frac{\partial F}{\partial \dot{q}_{(1)}} \right) - \frac{\partial F}{\partial q_1} &= 0 \\ \frac{d}{dq_3} \left(\frac{\partial F}{\partial \dot{q}_{(2)}} \right) - \frac{\partial F}{\partial q_2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad \text{XXII}$$

On a ici une réduction analogue à celle qu'on fait pour établir le principe de la moindre action (Voir Painlevé l. c.), et on peut aussi, d'une manière analogue, rattacher ce système à l'étude des maxima et minima d'une certaine intégrale définie.

En effet, considérons dans l'espace deux points fixes A et B , et une courbe L allant de A à B .

En utilisant les coordonnées curvilignes q_1, q_2 et q_3 , on peut dire que les équations de cette courbe seront

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= f_1(q_3) \\ q_2 &= f_2(q_3) \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

et la forme de la courbe L dépendra du choix des fonctions f_1 et f_2 . Soient

$$q_3 = \alpha, \quad q_3 = \beta$$

les valeurs de q_3 correspondant respectivement aux points A et B , et considérons l'intégrale

$$\int_{\alpha}^{\beta} F dq_3$$

où, dans la fonction F , les variables q_1 et q_2 sont données comme fonctions de q_3 par les équations (19).

Cela posé, quand on cherche, parmi toutes les courbes L joignant A et B , celle pour laquelle cette intégrale est maximum ou minimum, on est conduit, d'après les principes du calcul des variations, au système XXII.

En remarquant que

$$\sqrt{\Sigma} dq_3 = \frac{dS}{dq_3} dq_3 = dS$$

c'est-à-dire égal à l'élément d'arc dS de la courbe L , l'intégrale peut aussi s'écrire :

$$\int_{\alpha}^{\beta} \left(dS - \frac{1}{a} q_2 dq_3 \right)$$

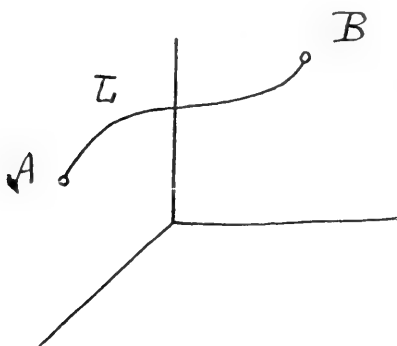


Fig. 2.

ce qui admet une autre interprétation d'une importance fondamentale pour l'étude des trajectoires.

En effet, considérons le problème suivant:

Parmi toutes les courbes L de longueur donnée joignant les points A et B , trouver celle pour laquelle l'intégrale $\int_a^{\beta} q_2 dq_3$ a un maximum ou minimum.

D'après les principes du calcul des variations, on aura alors à annuler la variation de l'intégrale

$$\int_a^{\beta} (dS + \mu q_2 dq_3)$$

où μ est une constante à déterminer plus tard, ce qui donne

$$\frac{d}{dq_3} \left(\frac{\partial f}{\partial q_{(1)}} \right) - \frac{\partial f}{\partial q_1} = 0$$

$$\frac{d}{dq_3} \left(\frac{\partial f}{\partial q_{(2)}} \right) - \frac{\partial f}{\partial q_2} = 0$$

où

$$f = \sqrt{S} + \mu q_2 dq_3$$

On détermine alors les intégrales q_1 et q_2 satisfaisant à ces équations et aux conditions exigeant que la courbe doit passer par les points A et B .

Enfin, la constante μ sera déterminée par la condition

$$\int_a^{\beta} dS = S_0$$

où S_0 est la valeur donnée de la longueur de la courbe. Cette valeur S_0 étant choisie de manière que

$$\mu = -\frac{1}{a},$$

le système ci-dessus devient alors identique au système XXII.

D'un autre côté, l'intégrale $\int q_2 dq_3$ a une signification mécanique importante. Rappelons que

$$q_2 = U \quad \text{et} \quad q_3 = W$$

et considérons un plan où W est l'abscisse et U l'ordonnée dans un système de coordonnées cartésiennes.

Cela posé, à chaque point (x, y, z) de la courbe L correspondra un système de valeurs des fonctions W et U , c'est-à-dire un point (W, U) ; si le point (x, y, z) décrit la courbe L , en allant de A à B , le point

(W, U) décrira alors une courbe plane correspondante, que nous appellerons l .

D'un autre côté supposons le champ magnétique divisé en tubes de force à flux constant $\mathcal{A} \cdot \mathcal{A}'$ par les séries de surfaces

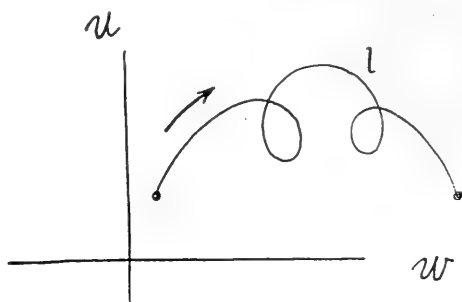


Fig. 3.

$$\begin{array}{ccc}
 \vdots & & \vdots \\
 U = U_0 - 2\mathcal{A} & \text{et} & W = W_0 - 2\mathcal{A}' \\
 U = U_0 - \mathcal{A} & & W = W_0 - \mathcal{A}' \\
 U = U_0 & & W = W_0 \\
 U = U_0 + \mathcal{A} & & W = W_0 + \mathcal{A}' \\
 U = U_0 + 2\mathcal{A} & & W = W_0 + 2\mathcal{A}' \\
 \vdots & & \vdots
 \end{array}$$

A ces deux réseaux correspondent alors des réseaux de lignes droites équidistantes, l'un parallèle à l'axe des U et avec distance des lignes égale à \mathcal{A}' , et l'autre parallèle à l'axe des W avec distance entre les lignes égale à \mathcal{A} . A chaque tube correspond ainsi un rectangle d'aire égal au flux de force du tube.

Cela posé, considérons une portion ab de la courbe l , où W va en croissant partout de a à b quand le point (x, y, z) se meut dans la direction de A à B sur la courbe L .

Soient W_1 et U_1 les coordonnées du point a et W_2 et U_2 les coordonnées du point b .

Comme on le sait, l'intégrale

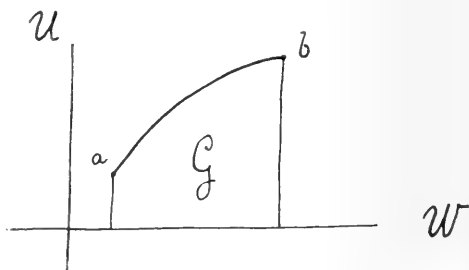


Fig. 4.

$$\int_a^b U dW$$

sera alors égale à l'aire G entre l'axe des W , la courbe et les ordonnées des points a et b . D'un autre côté, pour \mathcal{A} et \mathcal{A}' très petits, l'aire G

sera sensiblement égale au nombre des rectangles $\mathcal{J}\mathcal{J}'$ situés à l'intérieur du contour de G .

En allant à la limite, \mathcal{J} et \mathcal{J}' tendant vers zéro, on verra donc que l'intégrale sera précisément égale au flux de force entre les surfaces suivantes :

$$W = W_1$$

$$W = W_2$$

$$U = 0$$

et la surface engendrée par les lignes de forces passant par la courbe L .

Si au contraire, W va en décroissant le long de ab , l'intégrale sera négative et égale en valeur absolue au flux de force cité.

Avec ces définitions, on peut donc dire que l'intégrale

$$\int_a^{\beta} U dW$$

est égale à la somme algébrique des flux de force entre les surfaces $U = 0$, $W = \alpha$, $W = \beta$, et la surface engendrée par des lignes de forces passant par la courbe L .

C'est donc cette somme qui doit être maximum ou minimum, la longueur de la courbe étant fixe. En exprimant cette propriété analytiquement, on trouve donc les équations différentielles de la trajectoire.

Pour le cas où la courbe L dans le plan des U, W est fermée, la somme en question est précisément le flux de force du tube entouré par la courbe L . Les points A et B sont alors situés sur la même ligne de force.

La trajectoire sera donc la courbe à la quelle on arrivera, quand on cherche à trouver, parmi toutes les courbes L de longueur donnée, entre A et B , celle qui entoure le flux de force le plus grand (ou plus petit) possible.

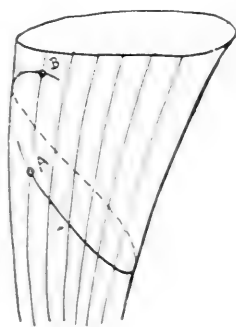


Fig. 5.

D'autre part comme on le sait, la trajectoire sera une ligne géodésique sur la surface engendrée par les lignes de forces passant par elle; en effet, d'après la loi fondamentale du mouvement, la normale principale de la trajectoire est normale à la tangente et à la force magnétique, donc normale à la surface en question, ce qui est précisément un critère d'une ligne géodésique.

10. Réduction des équations différentielles de la trajectoire à la forme canonique de la mécanique avec une des coordonnées q comme variable indépendante. Equation aux dérivées partielles correspondantes.

Nous allons voir que la propriété de l'intégrale

$$\int (dS - \frac{1}{a} U dW)$$

va nous conduire à une forme canonique des équations de la trajectoire.

Choisissons en effet des coordonnées curvilignes quelconques q_1, q_2, q_3 , et transformons l'intégrale en prenant p. ex. q_3 comme variable indépendante. On aura

$$dS^2 = \sum_{i,k} m_{ik} dq_i dq_k$$

donc

$$\frac{dS}{dq_3} = \sqrt{\Sigma}$$

où

$$\Sigma = m_{11} q_{(1)}'^2 + m_{22} q_{(2)}'^2 + 2m_{12} q_{(1)}' q_{(2)}' + 2m_{13} q_{(1)}' + 2m_{23} q_{(2)}' + m_{33}$$

où

$$q_{(1)}' = \frac{dq_1}{dq_3}, \quad q_{(2)}' = \frac{dq_2}{dq_3}$$

Ensuite

$$\frac{dW}{dq_3} = \frac{\partial W}{\partial q_1} q_{(1)}' + \frac{\partial W}{\partial q_2} q_{(2)}' + \frac{\partial W}{\partial q_3}$$

Donc l'intégrale sera transformée en

$$\int F dq_3$$

où

$$F = \sqrt{\Sigma} - \frac{1}{a} U \left(\frac{\partial W}{\partial q_1} q_{(1)}' + \frac{\partial W}{\partial q_2} q_{(2)}' + \frac{\partial W}{\partial q_3} \right)$$

Pour trouver les équations avec q_3 comme variable indépendante, on n'aura, d'après le calcul des variations, qu'à annuler la variation de l'intégrale, ce qui donne

$$\begin{aligned} \frac{d}{dq_3} \left(\frac{\partial F}{\partial q_{(1)}'} \right) - \frac{\partial F}{\partial q_1} &= 0 \\ \frac{d}{dq_3} \left(\frac{\partial F}{\partial q_{(2)}'} \right) - \frac{\partial F}{\partial q_2} &= 0 \end{aligned}$$

On en déduit les équations sous la forme canonique de la mécanique, en posant

$$\frac{\partial F}{\partial q'_{(1)}} = p_1, \quad \frac{\partial F}{\partial q'_{(2)}} = p_2,$$

d'où on tire $q'_{(1)}$ et $q'_{(2)}$ comme fonctions de p_1 , p_2 , q_1 , q_2 et q_3 ; en substituant ces valeurs dans l'expression

$$K = p_1 q'_{(1)} + p_2 q'_{(2)} - F$$

on trouve K comme fonction des mêmes variables, et alors les équations de la trajectoire auront la forme canonique de la mécanique:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1}{dq_3} &= -\frac{\partial K}{\partial q_1} & \frac{dq_1}{dq_3} &= \frac{\partial K}{\partial p_1} \\ \frac{dp_2}{dq_3} &= -\frac{\partial K}{\partial q_2} & \frac{dq_2}{dq_3} &= \frac{\partial K}{\partial p_2} \end{aligned} \right\} \quad \text{XXIII}$$

Nous allons faire cette réduction dans le cas où

$$q_1 = y$$

$$q_2 = z$$

$$q_3 = x$$

Alors

$$\Sigma = 1 + y'^2 + z'^2$$

où

$$y' = \frac{dy}{dx}, \quad z' = \frac{dz}{dx}$$

Donc

$$F = \sqrt{1 + y'^2 + z'^2} - \frac{1}{a} U \left(\frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial y} y' + \frac{\partial W}{\partial z} z' \right)$$

Cela donne

$$\frac{y'}{\sqrt{1 + y'^2 + z'^2}} - \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} = p_1$$

$$\frac{z'}{\sqrt{1 + y'^2 + z'^2}} - \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} = p_2$$

d'où on tire

$$y' = \frac{p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y}}{\sqrt{1 - \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 - \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \right)^2}}$$

$$z' = \frac{p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z}}{\sqrt{1 - \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 - \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \right)^2}}$$

ce qui donne:

$$K = \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} - \sqrt{1 - \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y}\right)^2 - \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z}\right)^2}$$

Avec cette valeur de K , les équations différentielles de la trajectoire peuvent s'écrire

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1}{dx} &= -\frac{\partial K}{\partial y} & \frac{dy}{dx} &= \frac{\partial K}{\partial p_1} \\ \frac{dp_2}{dx} &= -\frac{\partial K}{\partial z} & \frac{dz}{dx} &= \frac{\partial K}{\partial p_2} \end{aligned} \right\} \quad \text{XXIII'}$$

Nous avons là une forme remarquable des équations différentielles. Rappelons que les fonctions U et W étaient définies par les relations:

$$H_x = \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial y}$$

$$H_y = \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial z}$$

$$H_z = \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial x}$$

Exemple :

Comme vérification, prenons l'exemple suivant

$$H_x = 0, \quad H_y = 0, \quad H_z = 1$$

c'est-à-dire le cas d'un *champ magnétique constant*.

En coordonnées cartésiennes, les équations de mouvement seront

$$a \frac{d^2 x}{ds^2} = -\frac{dy}{ds}$$

$$a \frac{d^2 y}{ds^2} = \frac{dx}{ds}$$

$$a \frac{d^2 z}{ds^2} = 0$$

avec

$$\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dy}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2 = 1$$

dont l'intégration bien connue donne

$$x - a_0 = a \sin \omega_0 \cos \frac{s - s_0}{a}$$

$$y - b_0 = a \sin \omega_0 \sin \frac{s - s_0}{a}$$

$$z - c_0 = (s - s_0) \cos \omega_0$$

où a_0 , b_0 , c_0 , s_0 et ω_0 sont des constantes d'intégration.

Formons dans ce cas le système XXII. On voit d'abord qu'on satisfait aux équations

$$H_z = \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial y}$$

$$H_y = \frac{\partial U}{\partial z} \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial z}$$

$$H_x = \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial U}{\partial y} \frac{\partial W}{\partial x}$$

en choisissant

$$U = x, \quad W = y$$

Donc nous prenons

$$q_2 = x, \quad q_3 = y$$

et un choix simple de q_1 sera alors

$$q_1 = z$$

Alors

$$2T = q_1^2 + q_2^2 + q_3^2$$

d'où

$$\Sigma = 1 + q_{(1)}^2 + q_{(2)}^2$$

Cela donne

$$F = \sqrt{\Sigma} - \frac{1}{a} q_2$$

Le système XXII sera donc

$$\frac{d}{dq_3} \left(\frac{q'_{(1)}}{\sqrt{\Sigma}} \right) = 0$$

$$\frac{d}{dq_3} \left(\frac{q'_{(2)}}{\sqrt{\Sigma}} \right) + \frac{1}{a} = 0$$

En intégrant, on obtient

$$\frac{q'_{(1)}}{\sqrt{\Sigma}} = \alpha$$

$$\frac{q'_{(2)}}{\sqrt{\Sigma}} = \beta - \frac{q_3}{a}$$

α et β étant deux constantes d'intégration.

En résolvant ces équations par rapport à $q'_{(1)}$ et $q'_{(2)}$, on obtiendra

$$dq_1 = \frac{\alpha}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \left(\beta - \frac{q_3}{a}\right)^2}} dq_3$$

$$dq_2 = \frac{\beta - \frac{q_3}{a}}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \left(\beta - \frac{q_3}{a}\right)^2}} dq_3$$

Introduisons ici la nouvelle variable ϱ définie par

$$\beta - \frac{q_3}{a} = \sqrt{1 - \alpha^2} \varrho$$

On trouvera alors

$$dq_1 = -\alpha a \frac{d\varrho}{\sqrt{1 - \varrho^2}}$$

$$dq_2 = -\sqrt{1 - \alpha^2} a \frac{\varrho d\varrho}{\sqrt{1 - \varrho^2}}$$

d'où, en intégrant,

$$q_1 = -\alpha a \arcsin \varrho + \gamma$$

$$q_2 = -\sqrt{1 - \alpha^2} a \sqrt{1 - \varrho^2} + \delta,$$

γ et δ étant deux nouvelles constantes d'intégration. Enfin on aura

$$q_3 = -\sqrt{1 - \alpha^2} a \varrho + a\beta$$

Il reste à trouver s ; on a

$$ds = \sqrt{dq_1^2 + dq_2^2 + dq_3^2} = \frac{dq_3}{\sqrt{1 - \alpha^2 - \left(\beta - \frac{q_3}{a}\right)^2}}$$

Donc

$$ds = \frac{1}{\alpha} dq_1$$

c'est-à-dire

$$s = \frac{q_1}{\alpha} + \varepsilon$$

En introduisant partout s , on trouve donc en posant

$$\varepsilon + \frac{\gamma}{\alpha} = s_0$$

que

$$q = -\sin \frac{s-s_0}{a}$$

$$q_1 = \alpha (s - s_0) + \gamma$$

$$q_2 = -\sqrt{1 - \alpha^2} a \cos \frac{s-s_0}{a} + \delta$$

$$q_3 = -\sqrt{1 - \alpha^2} a \sin \frac{s-s_0}{a} + a\beta$$

c'est-à-dire

$$x = -\sqrt{1 - \alpha^2} a \cos \frac{s-s_0}{a} + \delta$$

$$y = -\sqrt{1 - \alpha^2} a \sin \frac{s-s_0}{a} + a\beta$$

$$z = \alpha (s - s_0) + \gamma$$

ce qui devient identique aux formules citées, si l'on pose

$$-\sqrt{1 - \alpha^2} = \sin \omega_0$$

$$\alpha = \cos \omega_0$$

$$\delta = a_0$$

$$a\beta = b_0$$

$$\gamma = c_0$$

La vérification est ainsi faite.

Formons aussi le système canonique XXIII avec les q adoptés comme variables.

On a

$$\frac{q'_{(1)}}{\sqrt{\Sigma}} = p_1, \quad \frac{q'_{(2)}}{\sqrt{\Sigma}} = p_2$$

d'où

$$q'_{(1)} = \frac{p_1}{\sqrt{1 - p_1^2 - p_2^2}}$$

$$q'_{(2)} = \frac{p_2}{\sqrt{1 - p_1^2 - p_2^2}}$$

et

$$F = \frac{1}{\sqrt{1 - p_1^2 - p_2^2}} - \frac{1}{a} q_2$$

Donc

$$K = \frac{p_1^2}{\sqrt{1 - p_1^2 - p_2^2}} + \frac{p_2^2}{\sqrt{1 - p_1^2 - p_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - p_1^2 - p_2^2}} + \frac{1}{a} q_2$$

c'est-à-dire

$$K = \frac{1}{a} q_2 - \sqrt{1 - p_1^2 - p_2^2}$$

Donc le système canonique prend la forme suivante

$$\begin{aligned}\frac{dp_1}{dq_3} &= 0 & \frac{dq_1}{dq_3} &= \frac{p_1}{\sqrt{1-p_1^2-p_2^2}} \\ \frac{dp_2}{dq_3} &= -\frac{1}{a} & \frac{dq_2}{dq_3} &= \frac{p_2}{\sqrt{1-p_1^2-p_2^2}}\end{aligned}$$

En intégrant, on trouvera

$$p_1 = \alpha, \quad p_2 = \beta - \frac{q_3}{a}$$

ce qui donne

$$\begin{aligned}\frac{dq_1}{dq_3} &= \frac{\alpha}{\sqrt{1-\alpha^2-\left(\beta-\frac{q_3}{a}\right)^2}} \\ \frac{dq_2}{dq_3} &= \frac{\beta-\frac{q_3}{a}}{\sqrt{1-\alpha^2-\left(\beta-\frac{q_3}{a}\right)^2}}\end{aligned}$$

et le reste du calcul sera le même qu' auparavant. Donc le système XXIII est aussi vérifié.

II. Equation aux dérivées partielles associée au système XXIII'. Les équations différentielles de la trajectoire sous forme canonique avec s comme variable indépendante.

D'après un théorème de Jacobi, le problème qui consiste à intégrer le système canonique

$$\begin{aligned}\frac{dp_1}{dx} &= -\frac{\partial K}{\partial y}, & \frac{dy}{dx} &= \frac{\partial K}{\partial p_1} \\ \frac{dp_2}{dx} &= -\frac{\partial K}{\partial z}, & \frac{dz}{dx} &= \frac{\partial K}{\partial p_2}\end{aligned}$$

est équivalent au problème qui consiste à trouver une intégrale complète Ω de l'équation aux dérivées partielles

$$\frac{\partial \Omega}{\partial x} + K\left(\frac{\partial \Omega}{\partial y}, \frac{\partial \Omega}{\partial z}, x, y, z\right) = 0$$

où, dans la fonction K , les variables p_1 et p_2 sont respectivement remplacées par $\frac{\partial \Omega}{\partial y}$ et $\frac{\partial \Omega}{\partial z}$.

Rappelons la définition d'une intégrale générale de cette équation: c'est une fonction

$$\Omega(x, y, z, c_1, c_2)$$

dépendant de deux constantes arbitraires c_1, c_2 , qui permettent, pour des valeurs quelconques x_0, y_0, z_0 de x, y, z , d'attribuer aux dérivées

$$\frac{\partial \Omega}{\partial x}, \frac{\partial \Omega}{\partial y}, \frac{\partial \Omega}{\partial z}$$

des valeurs arbitraires assujetties seulement à vérifier l'équation aux diverses partielles pour $x = x_0, y = y_0, z = z_0$.

Dans le cas actuel, cette équation aura la forme

$$\frac{\partial \Omega}{\partial x} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} - \sqrt{1 - \left(\frac{\partial \Omega}{\partial y} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 - \left(\frac{\partial \Omega}{\partial z} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \right)^2} = 0$$

Mais en chassant la racine carrée, cette équation peut s'écrire sous la forme simple:

$$\left(\frac{\partial \Omega}{\partial x} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Omega}{\partial y} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Omega}{\partial z} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \right)^2 = 1 \quad \text{XXIV}$$

Cela nous amène à essayer si les équations avec s comme variable indépendante:

$$\left. \begin{aligned} a \frac{d^2 x}{ds^2} &= \frac{\partial W}{\partial x} \frac{dU}{ds} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{dW}{ds} \\ a \frac{d^2 y}{ds^2} &= \frac{\partial W}{\partial y} \frac{dU}{ds} - \frac{\partial U}{\partial y} \frac{dW}{ds} \\ a \frac{d^2 z}{ds^2} &= \frac{\partial W}{\partial z} \frac{dU}{ds} - \frac{\partial U}{\partial z} \frac{dW}{ds} \end{aligned} \right\} \quad \text{XVI}$$

ne pourront être écrites sous la forme canonique

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1}{ds} &= -\frac{\partial F}{\partial x} & \frac{dx}{ds} &= \frac{\partial F}{\partial p_1} \\ \frac{dp_2}{ds} &= -\frac{\partial F}{\partial y} & \frac{dy}{ds} &= \frac{\partial F}{\partial p_2} \\ \frac{dp_3}{ds} &= -\frac{\partial F}{\partial z} & \frac{dz}{ds} &= \frac{\partial F}{\partial p_3} \end{aligned} \right\} \quad \text{XXV}$$

où F est fonction de x, y, z, p_1, p_2 et p_3 et indépendante de s .

D'après un théorème de Jacobi, l'intégration de ce système sera donc équivalente à l'intégration de l'équation aux dérivées partielles

$$F\left(\frac{\partial \Omega}{\partial x}, \frac{\partial \Omega}{\partial y}, \frac{\partial \Omega}{\partial z}, x, y, z\right) = h$$

où, dans F , les variables p_1, p_2, p_3 sont partout remplacées respectivement par $\frac{\partial \Omega}{\partial x}, \frac{\partial \Omega}{\partial y}$ et $\frac{\partial \Omega}{\partial z}$.

Cette équation devient identique à l'équation XXIV, si l'on choisit $h = \frac{1}{2}$ et:

$$2F = \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x}\right)^2 + \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y}\right)^2 + \left(p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z}\right)^2$$

Il reste à prouver que le système XXV sera identique au système XVI quand on attribue cette valeur à la fonction F . A cause de la symétrie, il suffit de faire voir que le système XXV entraîne l'équation

$$a \frac{d^2 x}{ds^2} = \frac{\partial W}{\partial x} \frac{dU}{ds} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{dW}{ds}$$

On a d'abord

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x} &= \frac{1}{a} \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x}\right) \left(U \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial x}\right) + \\ &+ \frac{1}{a} \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y}\right) \left(U \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} + \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial y}\right) + \\ &+ \frac{1}{a} \left(p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z}\right) \left(U \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} + \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial z}\right) \end{aligned}$$

et

$$\frac{\partial F}{\partial p_1} = p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x}$$

Donc on aura

$$p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} = x'$$

$$p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} = y'$$

$$p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} = z'$$

les accents signifiant la dérivation par rapport à s . Cela donne

$$\frac{\partial F}{\partial x} = \frac{U}{a} \left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} x' + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} y' + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} z' \right] + \frac{1}{a} \frac{\partial U}{\partial x} \frac{dW}{ds}$$

et d'autre part

$$\frac{dp_1}{ds} = x'' - \frac{1}{a} U \left[\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} x' + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} y' + \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} z' \right] - \frac{1}{a} \frac{\partial W}{\partial x} \frac{dU}{ds}$$

En substituant cela dans l'équation

$$\frac{dp_1}{ds} = -\frac{\partial F}{\partial x},$$

la partie contenant les dérivées secondes de W disparaît, et il reste

$$x'' = \frac{1}{a} \frac{\partial W}{\partial x} \frac{dU}{ds} - \frac{1}{a} \frac{\partial U}{\partial x} \frac{dW}{ds}$$

ce qui est précisément la première équation XVI, c. q. f. d.

Donc :

Les équations différentielles de la trajectoire peuvent s'écrire sous la forme canonique de la mécanique de la manière suivante :

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1}{ds} &= -\frac{\partial F}{\partial x} & \frac{dx}{ds} &= \frac{\partial F}{\partial p_1} \\ \frac{dp_2}{ds} &= -\frac{\partial F}{\partial y} & \frac{dy}{ds} &= \frac{\partial F}{\partial p_2} \\ \frac{dp_3}{ds} &= -\frac{\partial F}{\partial z} & \frac{dz}{ds} &= \frac{\partial F}{\partial p_3} \end{aligned} \right\} \quad \text{XXV}$$

où

$$2F = \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x}\right)^2 + \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y}\right)^2 + \left(p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z}\right)^2$$

Comme F ne contient pas s , le système admet l'intégrale première

$$2F = 1 \quad \text{XXV'}$$

Ici les fonctions U et W sont les fonctions de x , y et z définies au § 7.

Nous allons développer le système canonique dans le cas général des coordonnées curvilignes quelconques q_1 , q_2 , q_3 .

Observons, à cet effet, que l'équation

$$\left(\frac{\partial \Omega}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Omega}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Omega}{\partial z}\right)^2 = 1,$$

par cette transformation, devient

$$\begin{aligned} M_{11} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_1}\right)^2 + M_{22} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_2}\right)^2 + M_{33} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_3}\right)^2 + 2M_{12} \frac{\partial \Omega}{\partial q_1} \frac{\partial \Omega}{\partial q_2} + \\ + 2M_{23} \frac{\partial \Omega}{\partial q_2} \frac{\partial \Omega}{\partial q_3} + 2M_{31} \frac{\partial \Omega}{\partial q_3} \frac{\partial \Omega}{\partial q_1} = 1 \end{aligned}$$

les M_{ik} étant définies dans le § 6 (du premier mémoire).

D'autre part

$$\frac{\partial \Omega}{\partial x} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} = \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_1} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_1} \right) \frac{\partial q_1}{\partial x} + \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_2} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_2} \right) \frac{\partial q_2}{\partial x} + \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_3} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_3} \right) \frac{\partial q_3}{\partial x}$$

et ainsi de suite. Donc en formant le premier membre de l'équation XXIV, on aura comme coefficients des carrés et produits des expressions $\frac{\partial \Omega}{\partial q_i} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_i}$ les mêmes expressions que dans le cas où $U=0$; donc l'équation transformée sera

$$\begin{aligned} M_{11} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_1} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_1} \right)^2 + M_{22} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_2} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_2} \right)^2 + M_{33} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_3} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_3} \right)^2 + \\ + 2M_{12} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_1} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_1} \right) \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_2} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_2} \right) + \\ + 2M_{23} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_2} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_2} \right) \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_3} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_3} \right) + \\ + 2M_{31} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_3} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_3} \right) \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_1} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_1} \right) = 1 \end{aligned}$$

ce que nous écrivons sous la forme abrégée

$$\sum_{i,k} M_{ik} \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_i} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_i} \right) \left(\frac{\partial \Omega}{\partial q_k} + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_k} \right) = 1 \quad \text{XXVI}$$

D'une manière analogue, si l'on définit la fonction F' par l'équation

$$2F' = \sum_{i,k} M_{ik} \left(p_i + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_i} \right) \left(p_k + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_k} \right)$$

la forme canonique des équations différentielles de la trajectoire en coordonnées curvilignes q_1, q_2, q_3 sera :

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1}{ds} &= - \frac{\partial F'}{\partial q_1} & \frac{dq_1}{ds} &= \frac{\partial F'}{\partial p_1} \\ \frac{dp_2}{ds} &= - \frac{\partial F'}{\partial q_2} & \frac{dq_2}{ds} &= \frac{\partial F'}{\partial p_2} \\ \frac{dp_3}{ds} &= - \frac{\partial F'}{\partial q_3} & \frac{dq_3}{ds} &= \frac{\partial F'}{\partial p_3} \end{aligned} \right\} \quad \text{XXVII}$$

La vérification peut se faire d'une manière analogue à celle employée pour le cas des coordonnées cartésiennes x, y, z .

Désignons par des accents les dérivées par rapport à s ; alors en posant

$$P_i = p_i + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_i}$$

les 3 dernières équations XXVII donnent:

$$M_{11}P_1 + M_{12}P_2 + M_{13}P_3 = q_1'$$

$$M_{21}P_1 + M_{22}P_2 + M_{23}P_3 = q_2'$$

$$M_{31}P_1 + M_{32}P_2 + M_{33}P_3 = q_3'$$

d'où

$$P_i = m_{i1}q_1' + m_{i2}q_2' + m_{i3}q_3' = \frac{\partial T}{\partial q_i'}$$

et

$$p_i = -\frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial q_i} + \frac{\partial T}{\partial q_i'}$$

où

$$2T = \sum_{i,k} m_{ik} q_i' q_k'$$

Cela donne

$$\frac{dp_i}{ds} = -\frac{1}{a} U \left(\frac{\partial W}{\partial q_i} \right)' - \frac{1}{a} \frac{\partial W}{\partial q_i} U' + \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_i'} \right)$$

D'autre part, calculons $-\frac{\partial F}{\partial q_i}$; nous avons

$$2F = \sum_{i,k} M_{ik} P_i P_k$$

d'où

$$-\frac{\partial F}{\partial q_i} = -\frac{1}{2} \sum_{i,k} \frac{\partial M_{ik}}{\partial q_i} P_i P_k - \frac{1}{2a} \sum_{i,k} M_{ik} \left[P_i \frac{\partial}{\partial q_i} \left(U \frac{\partial W}{\partial q_k} \right) + P_k \frac{\partial}{\partial q_i} \left(U \frac{\partial W}{\partial q_i} \right) \right]$$

Comme dans le cas des équations canoniques ordinaires de la mécanique (pour $\frac{1}{a} = 0$), on voit que

$$-\frac{1}{2} \sum \frac{\partial M_{ik}}{\partial q_i} P_i P_k = \frac{\partial T}{\partial q_i}$$

D'autre part

$$\begin{aligned} & \frac{1}{a} \sum M_{ik} \left[P_i \frac{\partial}{\partial q_i} \left(U \frac{\partial W}{\partial q_k} \right) + P_k \frac{\partial}{\partial q_i} \left(U \frac{\partial W}{\partial q_i} \right) \right] \\ &= \sum_{i=1}^{i=3} (M_{i1}P_1 + M_{i2}P_2 + M_{i3}P_3) \frac{\partial}{\partial q_i} \left(U \frac{\partial W}{\partial q_i} \right) \\ &= q_1' \frac{\partial}{\partial q_1} \left(U \frac{\partial W}{\partial q_1} \right) + q_2' \frac{\partial}{\partial q_1} \left(U \frac{\partial W}{\partial q_2} \right) + q_3' \frac{\partial}{\partial q_1} \left(U \frac{\partial W}{\partial q_3} \right) = U \left(\frac{\partial W}{\partial q_1} \right)' + \frac{\partial U}{\partial q_1} W \end{aligned}$$

* ce qui donne

$$-\frac{\partial F'}{\partial q_1} = \frac{\partial T}{\partial q_1} - \frac{1}{a} U \left(\frac{\partial W}{\partial q_1} \right)' - \frac{1}{a} \frac{\partial U}{\partial q_1} W'$$

En substituant les valeurs de $\frac{dp_1}{ds}$ et $-\frac{\partial F'}{\partial q_1}$ dans l'équation

$$\frac{dp_1}{ds} = -\frac{\partial F}{\partial q_1}$$

on aura donc

$$\frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_1'} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_1} = \frac{1}{a} \frac{\partial W}{\partial q_1} U' - \frac{1}{a} \frac{\partial U}{\partial q_1} W'$$

ce qui est précisément la première des équations XVII. On vérifie de la même manière les autres équations, et la vérification est ainsi faite.

Au système canonique se joint l'intégrale première

$$2F = 1$$

exprimant que l'arc s est variable indépendante; on le vérifie immédiatement en remarquant que

$$P_i = \frac{\partial T}{\partial q_i'} \quad (i = 1, 2, 3)$$

Comme le système canonique ayant q_3 comme variable indépendante peut être rattaché à une intégrale définie analogue à celle du principe de la *moindre action*, le système canonique ayant s comme variable indépendante est intimement lié à une intégrale analogue à celle du principe d'Hamilton. Rapellons que l'arc s croît ici proportionnellement avec le temps t .

Pour le voir, il suffit de remarquer que le système XXV est une conséquence du système suivant:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial f}{\partial x'} \right) - \frac{\partial f}{\partial x} &= 0 \\ \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial f}{\partial y'} \right) - \frac{\partial f}{\partial y} &= 0 \\ \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial f}{\partial z'} \right) - \frac{\partial f}{\partial z} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{XXVIII}$$

où

$$2f = x'^2 + y'^2 + z'^2 - \frac{2}{a} U \left[\frac{\partial W}{\partial x} x' + \frac{\partial W}{\partial y} y' + \frac{\partial W}{\partial z} z' \right]$$

En effet, posons ici

$$x' = p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x}$$

$$y' = p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y}$$

$$z' = p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z}$$

et

$$F = p_1 x' + p_2 y' + p_3 z' - f$$

On aura

$$p_1 x' + p_2 y' + p_3 z' = p_1 \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} \right) + p_2 \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \right) + \\ + p_3 \left(p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \right)$$

$$2f = \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} \right)^2 + \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 + \left(p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \right)^2 + \\ - \frac{2}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} \right) - \frac{2}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \right) - \frac{2}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \left(p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \right)$$

Donc

$$2F = \left(p_1 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial x} \right)^2 + \left(p_2 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial y} \right)^2 + \left(p_3 + \frac{1}{a} U \frac{\partial W}{\partial z} \right)^2$$

D'autre part, comme on le sait, en introduisant des variables p_1, p_2 et p_3 et la fonction F de la manière indiquée, on aura

$$\begin{array}{ll} \frac{dp_1}{ds} = -\frac{\partial F}{\partial x} & \frac{dx}{ds} = \frac{\partial F}{\partial p_1} \\ \frac{dp_2}{ds} = -\frac{\partial F}{\partial y} & \frac{dy}{ds} = \frac{\partial F}{\partial p_2} \\ \frac{dp_3}{ds} = -\frac{\partial F}{\partial z} & \frac{dz}{ds} = \frac{\partial F}{\partial p_3} \end{array}$$

ce qui est précisément le système XXV; en faisant les déductions de la manière inverse, on en déduit le système XXVIII

Cela posé, le système XXVIII est d'après le calcul des variations, le système qu'on obtient en annulant la variation de l'intégrale

$$\int_{s_0}^{s_1} 2f ds ,$$

c'est-à-dire en cherchant les fonctions x, y, z de s pour lesquelles cette intégrale est un maximum ou un minimum.

En introduisant des coordonnées curvilignes q_1, q_2, q_3 , l'intégrale aura la forme

$$\int_{s_0}^{s_1} 2 \left[T' - \frac{1}{a} U \left(\frac{\partial W}{\partial q_1} q_1' + \frac{\partial W}{\partial q_2} q_2' + \frac{\partial W}{\partial q_3} q_3' \right) \right] ds$$

où

$$2T' = \sum_{i,k} m_{ik} q_i' q_k'$$

et en annulant la variation, on trouve donc le système XXVIII en coordonnées curvilignes.

Rappelons que le système XXVIII admet l'intégrale première $2T' = 1$, exprimant que l'arc s de la trajectoire est variable indépendante.

12. Cas de réduction où les m_{ik} et les composants de la force magnétique sont indépendants de l'une des coordonnées q .

Supposons maintenant que les m_{ik} et les composants H_1, H_2 et H_3 sont indépendants de q_1 .

Alors les équations (16) font voir que les fonctions Q_1, Q_2 et Q_3 sont aussi indépendantes de q_1 , et l'équation XIV se réduira à

$$\frac{\partial Q_2}{\partial q_2} + \frac{\partial Q_3}{\partial q_3} = 0$$

ce qui donne, d'après la théorie des différentielles totales,

$$Q_2 = \frac{\partial \bar{U}}{\partial q_3}, \quad Q_3 = -\frac{\partial \bar{U}}{\partial q_2}$$

où U est fonction de q_2 et q_3 seuls. D'autre part

$$Q_1 = \bar{W}$$

où W est aussi fonction de q_2 et q_3 seuls.

En substituant ces valeurs dans les équations (15) on obtient:

$$\begin{aligned} W &= \frac{\partial U}{\partial q_2} \frac{\partial W}{\partial q_3} - \frac{\partial U}{\partial q_3} \frac{\partial W}{\partial q_2} \\ \frac{\partial U}{\partial q_3} &= \frac{\partial U}{\partial q_3} \frac{\partial W}{\partial q_1} - \frac{\partial U}{\partial q_1} \frac{\partial W}{\partial q_3} \\ -\frac{\partial U}{\partial q_2} &= \frac{\partial U}{\partial q_1} \frac{\partial W}{\partial q_2} - \frac{\partial U}{\partial q_2} \frac{\partial W}{\partial q_1} \end{aligned}$$

Il s'agit de trouver des fonctions U et W satisfaisant à ces conditions. On voit tout de suite qu'une solution sera

$$U = \bar{U}$$

$$W = q_1 + W_1$$

W_1 étant fonction de q_2 et q_3 seuls.

Cela posé, revenons au système XXVII. Les M_{ik} , U et $\frac{\partial W}{\partial q_1}$, $\frac{\partial W}{\partial q_2}$, $\frac{\partial W}{\partial q_3}$ étant fonctions de q_2 et q_3 seuls, la fonction F sera indépendante de q_1 , ce qui donne

$$\frac{dp_1}{ds} = 0$$

d'où l'intégrale première

$$p_1 = c,$$

c étant une constante. En substituant partout cette valeur, on obtiendra:

$$\frac{dp_2}{ds} = -\frac{\partial F}{\partial q_2} \quad \frac{dq_2}{ds} = \frac{\partial F}{\partial p_2}$$

$$\frac{dp_3}{ds} = -\frac{\partial F}{\partial q_3} \quad \frac{dq_3}{ds} = \frac{\partial F}{\partial p_3}$$

où les seconds membres sont fonctions de p_2 , p_3 , q_2 et q_3 , c figurant partout au lieu de l'ancien p_1 .

D'autre part, l'intégrale de force vive

$$2F = 1$$

où on a partout substitué c au lieu de p_1 est une relation entre p_2 , p_3 , q_2 et q_3 d'où l'on tire l'une des variables p. ex. p_2 comme fonction de p_3 , q_2 et q_3 .

En substituant ces valeurs dans les 3 dernières équations ci-dessus, on aura

$$\frac{dp_3}{ds} = K_1$$

$$\frac{dq_2}{ds} = K_2$$

$$\frac{dq_3}{ds} = K_3$$

K_1 , K_2 et K_3 étant fonctions de p_3 , q_2 et q_3 , ce qui donne

$$\frac{dp_3}{K_1} = \frac{dq_2}{K_2} = \frac{dq_3}{K_3}$$

dont l'intégration exige l'intégration d'une équation différentielle *du second ordre*.

En intégrant cette équation, on trouve q_2 et q_3 comme fonctions de p_3 par exemple, et alors les équations

$$\frac{dp_3}{ds} = K_1$$

et

$$\frac{dq_1}{ds} = \frac{\partial F}{\partial p_1}$$

donnent s et q_1 par deux quadratures, ce qui achève l'intégration.

D'autre part, on sait que si l'on connaît une intégrale première

$$H(p_2, p_3, q_2, q_3) = \text{constante}$$

distincte de l'intégrale $2F = 1$, l'intégration s'achèvera par des quadratures seules¹.

Donc :

Si les m_{ik} et le champ magnétique sont indépendants de q_1 , l'intégration des équations de la trajectoire exige l'intégration d'une équation différentielle du second ordre et deux quadratures.

Si l'on connaît une intégrale première

$$H(p_2, p_3, q_2, q_3) = \text{constante}$$

distincte de l'intégrale $2F = 1$, l'intégration pourra être effectuée par des quadratures.

Nous allons étudier ce même cas en partant des équations sous la forme X du premier mémoire :

$$\lambda \left[\frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T'}{\partial q_1'} \right) - \frac{\partial T'}{\partial q_1} \right] = R_2 q_3' - R_3 q_2'$$

$$\lambda \left[\frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T'}{\partial q_2'} \right) - \frac{\partial T'}{\partial q_2} \right] = R_3 q_1' - R_1 q_3'$$

$$\lambda \left[\frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T'}{\partial q_3'} \right) - \frac{\partial T'}{\partial q_3} \right] = R_1 q_2' - R_2 q_1'$$

Ici $\lambda = \pm a$ et

$$2T' = m_{11} q_1'^2 + m_{22} q_2'^2 + m_{33} q_3'^2 + 2m_{12} q_1' q_2' + 2m_{23} q_2' q_3' + 2m_{31} q_3' q_1'$$

Comme les m_{ik} sont fonctions de q_2 et q_3 seuls, T' sera indépendant de q_1 et on aura

$$\lambda \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T'}{\partial q_1'} \right) = R_2 q_3' - R_3 q_2'$$

D'autre part

$$\frac{\partial R_1}{\partial q_1} + \frac{\partial R_2}{\partial q_2} + \frac{\partial R_3}{\partial q_3} = 0$$

¹ Voir p. ex. Painlevé l. c.

et comme les R sont indépendantes de q_1 , cette équation se réduit à

$$\frac{\partial R_2}{\partial q_2} + \frac{\partial R_3}{\partial q_3} = 0$$

Donc

$$R_3 = -\frac{\partial \Phi}{\partial q_2}, \quad R_2 = \frac{\partial \Phi}{\partial q_3}$$

où Φ est la fonction définie par l'intégrale

$$\Phi = \int (-R_3 dq_2 + R_2 dq_3)$$

En substituant cette fonction dans l'équation ci-dessus, on obtiendra

$$\lambda \frac{d}{ds} \left(\frac{\partial T}{\partial q_1'} \right) = \frac{d\Phi}{ds}$$

d'où, en intégrant,

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial q_1'} = \Phi + C$$

ce qui est équivalent à l'intégrale $p_1 = c$ dans la déduction précédente.

A l'aide de cette intégrale première, on peut ensuite faire des réductions ultérieures. Nous ne nous y arrêterons pas.

Donnons enfin à l'intégrale trouvée une interprétation géométrique intéressante.

En effet, cherchons le cosinus de l'angle ω entre la tangente à la trajectoire et la tangente D_1 à la courbe

$$q_2 = \text{const}$$

$$q_3 = \text{const}$$

passant par le point considéré.

Les cosinus directeurs de D_1 sont, d'après le paragraphe 6:

$$\frac{1}{\sqrt{m_{11}}} \frac{\partial x}{\partial q_1}, \quad \frac{1}{\sqrt{m_{11}}} \frac{\partial y}{\partial q_1}, \quad \frac{1}{\sqrt{m_{11}}} \frac{\partial z}{\partial q_1}$$

et en considérant x, y, z comme fonctions de q_1, q_2, q_3 qui sont, à leur tour, fonctions de s , les cosinus directeurs de la tangente à la trajectoire sont

$$\frac{\partial x}{\partial q_1} q_1' + \frac{\partial x}{\partial q_2} q_2' + \frac{\partial x}{\partial q_3} q_3', \quad \frac{\partial y}{\partial q_1} q_1' + \frac{\partial y}{\partial q_2} q_2' + \frac{\partial y}{\partial q_3} q_3',$$

$$\frac{\partial z}{\partial q_1} q_1' + \frac{\partial z}{\partial q_2} q_2' + \frac{\partial z}{\partial q_3} q_3'$$

Donc

$$\cos \omega = \frac{1}{\sqrt{m_{11}}} \left[\left(\left(\frac{\partial x}{\partial q_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial q_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial q_1} \right)^2 \right) q_1' + \left(\frac{\partial x}{\partial q_1} \frac{\partial x}{\partial q_2} + \frac{\partial y}{\partial q_1} \frac{\partial y}{\partial q_2} + \frac{\partial z}{\partial q_1} \frac{\partial z}{\partial q_2} \right) q_2' + \left(\frac{\partial x}{\partial q_1} \frac{\partial x}{\partial q_3} + \frac{\partial y}{\partial q_1} \frac{\partial y}{\partial q_3} + \frac{\partial z}{\partial q_1} \frac{\partial z}{\partial q_3} \right) q_3' \right]$$

c'est-à-dire

$$\cos \omega = \frac{1}{\sqrt{m_{11}}} [m_{11} q_1' + m_{12} q_2' + m_{13} q_3']$$

Mais l'expression entre parenthèse est précisément $\frac{\partial T}{\partial q_1}$, de manière que l'intégrale première peut s'écrire

$$\cos \omega = \frac{\Phi + C}{\lambda \sqrt{m_{11}}}$$

Ici nous le rappelons, Φ et m_{11} , donc aussi $\cos \omega$, sont fonctions de q_2 et q_3 seuls.

On en tire des conséquences importantes; en effet, comme $-1 \leq \cos \omega \leq 1$, la trajectoire ne peut sortir de la partie d'espace définie par les inégalités

$$-1 \leq \frac{\Phi + C}{\lambda \sqrt{m_{11}}} \leq 1$$

Dans mon mémoire de Genève, de 1907, j'ai fait voir quels renseignements utiles on peut en tirer, dans le cas où le champ magnétique est dû à un aimant élémentaire.

Quant à l'étude détaillée des cas particuliers, où le champ magnétique reste géométriquement inaltéré par une translation, une rotation ou un mouvement hélicoïdal, nous ne nous y arrêtons pas.

On aura aussi un champ fécond d'application des théories générales d'intégration de SOPHUS LIE. Ce serait là un très beau sujet d'études¹.

¹ Voir aussi mes notes: *Cas de réduction des équations différentielles* etc. dans les Comptes Rendus des 2, 9 et 23 mars 1908.

SUR UN PROBLÈME RELATIF AU MOUVEMENT DES CORPUSCULES ÉLECTRIQUES DANS L'ESPACE COSMIQUE

PAR

CARL STØRMER

TROISIÈME COMMUNICATION

(AVEC 34 FIGURES DANS LE TEXTE)

(VIDENSKAPSELSKAPETS SKRIFTER. I. MAT.-NATURV. KLASSE. 1916. No. 6)

UTGIT FOR FRIDTJOF NANSENS FOND

KRISTIANIA
EN COMMISSION CHEZ JACOB DYBWAD

1916

Fremlagt i fællesmøte den 3dje mai 1916.

TABLE DES MATIÈRES.

Page

Chapitre I. Équations de mouvement. Premières réductions.

1.	Les résultats obtenus dans le mémoire de 1907 et dans la note de 1911	1
2.	Valeurs des constantes figurant dans les équations de mouvement	4
3.	Réduction ultérieure des équations de mouvement	7
4.	Interprétation mécanique des systèmes transformés, et son importance pour la discussion des trajectoires	14
5.	La variation de l'angle φ le long de la trajectoire et sa relation avec la vitesse et l'angle θ entre la tangente et le plan méridien	15
6.	Valeurs des constantes en fonction des conditions initiales. Cas divers	18

Chapitre II. Trajectoires circulaires et points d'équilibre.

7.	Valeurs des constantes correspondant aux trajectoires circulaires. Étude de ces trajectoires	20
8.	Les points d'équilibre du système (A) et leur connexion avec les trajectoires circulaires. Développement de la fonction $Q_1 + h$ autour des points d'équilibre	26
9.	Étude de D_0, h_0, A', B', C' etc. comme fonctions de ξ , pour $C > 0$	30
10.	Étude de D_0, h_0, A', B', C' comme fonctions de ξ et de ψ_0 , pour $C < 0$	39
11.	Caractère des lignes de niveau au voisinage des points d'équilibre. Direction de la force à composants $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1}$ et $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1}$	49
12.	Construction graphique des lignes de niveau	58

Dans deux communications du même titre¹ et dans quatre notes des Comptes Rendus, Paris², j'ai donné une série de résultats relatifs au problème suivant:

Trouver le mouvement d'un corpuscule électrisé dans le champ d'un aimant élémentaire, en supposant que le corpuscule soit soumis aussi à l'action d'une force centrale émanant de l'aimant et inversement proportionnelle au carré de la distance.

Quelques-uns de ces résultats ont été retrouvés et vérifiés dans la seconde section du livre de M. KR. BIRKELAND: *The norwegian aurora polaris expedition 1902—1903*, qui parut pendant l'automne de 1913³.

Comme la discussion du mouvement paraît être d'un grand intérêt aussi bien pour la physique cosmique⁴ que pour la constitution des atomes⁵, et comme d'autre part nous avons déjà en 1909, mais sans les avoir publiés, trouvé une série de résultats nouveaux, nous croyons utile de reprendre l'étude de cette intéressant problème.

Chapitre I.

Équations de mouvements. Premières réductions.

1. Les résultats obtenus dans le mémoire de 1907 et dans la note de 1911.

Rappelons d'abord les résultats obtenus dans le mémoire de 1907 et dans la note de 1911, en conservant les notations adoptées dans cette note.

¹ Voir Vid.-Selsk. Skr. M.-N. Kl. 1907 et 1913.

² Voir les Comptes Rendus, séances du 6 mars 1911, du 25 novembre 1912 et des 10 et 17 février 1913.

³ Voir l. c. § 132—136.

⁴ Voir KR. BIRKELAND l. c.

⁵ Voir H. STANLEY ALLEN: Nature, February 5, 1914, p. 630 et „*The magnetic field of an atom in relation to theories of spectral series*, Philosophical Magazine vol. XXIX, January 1915.

En plaçant un système de coordonnées cartésiennes avec l'origine à l'aimant et l'axe de z le long de l'axe de cet aimant, les équations du mouvement étaient:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= aM \left(\frac{3z^2 - r^2}{r^5} \frac{dy}{dt} - \frac{3yz}{r^5} \frac{dz}{dt} \right) + bm \frac{x}{r^3} \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= aM \left(\frac{3xz}{r^5} \frac{dz}{dt} - \frac{3z^2 - r^2}{r^5} \frac{dx}{dt} \right) + bm \frac{y}{r^3} \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= aM \left(\frac{3yz}{r^5} \frac{dx}{dt} - \frac{3xz}{r^5} \frac{dy}{dt} \right) + bm \frac{z}{r^3} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

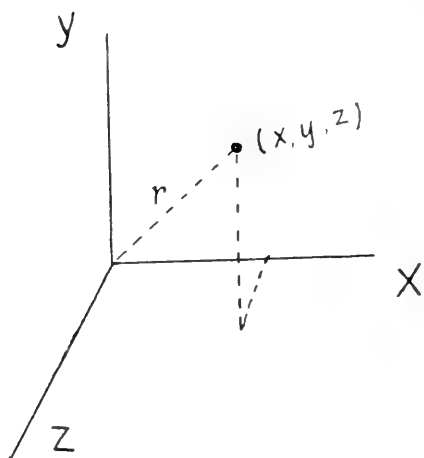


Fig. 1.

Ici a , b , M et m sont des constantes, caractéristiques pour les forces en question et la nature du corpuscule; x , y , z sont les coordonnées du corpuscule au temps t , et r est le rayon vecteur $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

Ce système d'équations différentielles est d'ailleurs un cas particulier des systèmes que j'ai étudiés dans deux notes publiées en 1910¹.

Si l'on introduit des coordonnées semipolaires R et φ définies par les équations

$$\begin{aligned} x &= R \cos \varphi \\ y &= R \sin \varphi, \end{aligned}$$

on trouve

$$R^2 \frac{d\varphi}{dt} = -aM \frac{R^2}{r^3} + C \quad (2)$$

et

$$\left(\frac{dR}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 + R^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 = -\frac{2bm}{r} + C_1, \quad (3)$$

et, en éliminant φ , le système

¹ Voir: *Théorèmes sur les équations générales du mouvement d'un corpuscule dans un champ magnétique et un champ électrique superposés*, Comptes Rendus du 12 septembre et *Formes canoniques des équations générales* etc., l. c. du 26 septembre 1910.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R}{dt^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q}{\partial R} \\ \frac{d^2 z}{dt^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q}{\partial z} \\ \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 &= Q \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

où la fonction Q aura la valeur

$$Q = C_1 - \frac{2bm}{r} - \left(\frac{-aM \frac{R^2}{r^3} + C}{R} \right)^2$$

Ici C et C_1 sont deux constantes d'intégration

Ensuite, en introduisant l'arc s de la trajectoire, on trouve

$$R \frac{d\varphi}{ds} = \frac{-aM \frac{R^2}{r^3} + C}{R \sqrt{-\frac{2bm}{r} + C_1}} \quad (5)$$

Si θ désigne l'angle entre la tangente et le plan méridien passant par l'axe des z et le point de la trajectoire, cela donne

$$\sin \theta = \frac{-aM \frac{R^2}{r^3} + C}{R \sqrt{-\frac{2bm}{r} + C_1}} \quad (6)$$

d'où, en remarquant que $-1 \leq \sin \theta \leq 1$, on tire les parties de l'espace que la trajectoire ne peut quitter:

$$-1 \leq \frac{Cr^3 - aMR^2}{Rr^2 \sqrt{C_1 r^2 - 2bmr}} \leq 1 \quad (7)$$

Enfin les trajectoires dans le plan $z = 0$ étaient définies par

$$d\varphi = \frac{CR - aM}{R} \frac{dR}{\sqrt{C_1 R^4 - 2bmr^3 - (CR - aM)^2}} \quad (8)$$

équation intégrable par des fonctions elliptiques.

Comme trajectoires remarquables, j'avais indiqué les cercles suivants:

$$\left. \begin{aligned} x &= R_0 \cos \frac{r^2}{R_0} \\ y &= R_0 \sin \frac{r^2}{R_0} \\ z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

où R_0 et la vitesse constante v satisfaisaient à la condition¹

$$v^2 R_0^2 + bm R_0 - aMv = 0 \quad (10)$$

Ensuite:

$$\left. \begin{aligned} x &= R_0 \cos \frac{vt}{R_0} \\ y &= R_0 \sin \frac{vt}{R_0} \\ z &= z_0 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

où

$$\begin{aligned} R_0 &= r_0 \cos \psi_0 \\ z_0 &= r_0 \sin \psi_0 \end{aligned}$$

Ici r_0 et ψ_0 seront donnés par les équations

$$\left. \begin{aligned} r_0 &= -\frac{2bm}{3v^2} \\ \cos \psi_0 &= -\frac{2b^2m^2}{9aMv^3} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

ce qui exige que bm et aMv soient négatifs et que $2b^2m^2$ ait une valeur absolue moindre que $9aMv^3$.

Quant aux résultats cités ici, les numéros (2), (3), (5), (6), (7), (9), (10), (11) et (12) se trouvent déjà dans mon mémoire de 1907; dans ce mémoire, j'avais employé respectivement les notations

$$- \lambda, \mu, a \text{ et } C$$

au lieu de

$$a, bm, C \text{ et } C_1.$$

Les équations (4) et (8) se trouvent dans ma note de 1911.

Parmi les résultats précédents, les numéros (2), (3), (4) et (8) ont été retrouvés plus tard par M. KR. BIRKELAND et publiés en 1913, dans l'ouvrage déjà cité aux p. 698, 699 et 679; il en est de même de l'équation définissant les parties de l'espace en dehors desquelles les trajectoires ne peuvent sortir (voir l. c. p. 700).

2. Valeurs des constantes figurant dans les équations de mouvement.

Il sera utile, dès maintenant, de fixer les valeurs des produits aM et bm figurant dans les équations (1).

¹ Ici v peut être positive ou négative.

Dans ce but, nous allons considérer les forces agissant sur le corpuscule en mouvement.

Prenons pour système d'unités le centimètre, le gramme et la seconde et choisissons le système *électrostatique* pour les actions électromagnétiques.

L'aimant élémentaire étant placé à l'origine avec son axe coïncidant avec l'axe des z , les composants de la force magnétique en un point (y, y, z) de l'espace seront

$$-M \frac{3xz}{r^5}, \quad -M \frac{3yz}{r^5}, \quad -M \frac{3z^2 - r^2}{r^5}$$

ou

$$M \frac{3xz}{r^5} \quad \text{ou} \quad M \frac{3yz}{r^5} \quad \text{ou} \quad M \frac{3z^2 - r^2}{r^5}$$

selon que le pôle sud ou le pôle nord de l'aimant sera dirigé dans le sens des z positifs. M , qui est un nombre essentiellement positif, sera alors le moment magnétique de l'aimant.

Soit d'autre part ϵ la charge électrique du corpuscule, mesurée en unités électrostatiques et positive ou négative selon que l'électricité sera positive ou négative.

Cela posé, si le pôle sud est dirigé dans le sens des z positifs, la composante de la force déviatrice agissant sur le corpuscule, parallèle à l'axe des x , sera

$$\frac{\epsilon M}{3 \cdot 10^{10}} \left[\frac{3z^2 - r^2}{r^5} \frac{dy}{dt} - \frac{3yz}{r^5} \frac{dz}{dt} \right]$$

Au contraire, si le pôle nord est dirigé dans ce sens, la composante sera

$$-\frac{\epsilon M}{3 \cdot 10^{10}} \left[\frac{3z^2 - r^2}{r^5} \frac{dy}{dt} - \frac{3yz}{r^5} \frac{dz}{dt} \right]$$

Cela posé, nous choisissons l'orientation de l'axe des z de la façon suivante :

Si la charge du corpuscule est positive, on choisit le sens des z positifs dans la direction du pôle sud de l'aimant, si la charge est négative, dans la direction du pôle nord.

La première des équations du mouvement sera alors, si μ est la masse du corpuscule (μ essentiellement positif):

$$\mu \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{\epsilon M}{3 \cdot 10^{10}} \left[\frac{3z^2 - r^2}{r^5} \frac{dy}{dt} - \frac{3yz}{r^5} \frac{dz}{dt} \right] + \dots \quad (13)$$

où $|\varepsilon|$ désigne la valeur absolue de ε , et où les termes correspondant à la force centrale ne sont pas encore déterminés.

Cela donne, pour le produit aM , la valeur essentiellement positive:

$$aM = \frac{|\varepsilon| \cdot M}{3 \cdot 10^{10} \cdot \mu} \quad (14)$$

Considérons maintenant la force centrale. Supposons qu'elle est la résultante de la gravitation, de la répulsion de la lumière et de l'action électrostatique, émanant toutes les trois de l'origine, où est placé l'aimant élémentaire.

Quant à la gravitation, supposons qu'elle est due à la masse S . Comme, dans le système adopté, la constante de la gravitation G à la valeur

$$G = \frac{1}{1,5 \cdot 10^7} (= 6,68 \cdot 10^{-8})$$

la composante parallèle à l'axe des x sera

$$- \frac{\mu S}{1,5 \cdot 10^7} \cdot \frac{x}{r^3}$$

Quant à la répulsion de la lumière, nous la considérons (en première approximation) proportionnelle à la gravitation et dirigée en sens inverse, de manière que la composante parallèle à l'axe des x sera

$$\frac{\lambda \mu S}{1,5 \cdot 10^7} \frac{x}{r^3}$$

λ étant un facteur positif.

Supposons enfin que l'action électrostatique soit causée par une charge E placée à l'origine, E étant comptée en unités électrostatiques et ayant le signe de l'électricité. La composante correspondante sera

$$\varepsilon E \frac{x}{r^3}$$

Les termes manquant au second membre de l'équation (13) sont alors ceux que nous venons de trouver; donc le produit bm aura pour valeur

$$bm = - \frac{(1 - \lambda) S}{1,5 \cdot 10^7} + \frac{\varepsilon E}{\mu} \quad (15)$$

Quant à bm , il peut-être positif, nul ou négatif.

3. Réduction ultérieure des équations de mouvement.

Dans deux notes des Comptes Rendus de février 1913¹, j'ai fait voir comment on peut encore réduire considérablement les équations de mouvement, en abaissant le nombre des constantes arbitraires. Cette réduction sera très importante pour la discussion du mouvement.

Prenons pour notre point de départ les équations (2) et (4) que nous écrivons en développant:

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{aM}{r^3} + \frac{C}{R^2} \quad (2)$$

$$\frac{d^2R}{dt^2} = \frac{bmR}{r^3} - \left(\frac{C}{R} - \frac{aMR}{r^3}\right) \left(-\frac{C}{R^2} - \frac{aM}{r^3} + \frac{3aMR^2}{r^5}\right) \quad (4a)$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{bmz}{r^3} - \left(\frac{C}{R} - \frac{aMR}{r^3}\right) \frac{3aMRz}{r^5} \quad (4b)$$

$$\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = C_1 - \frac{2bm}{r} - \left(\frac{C}{R} - \frac{aMR}{r^3}\right)^2 \quad (4c)$$

A ces équations nous joignons l'équation (3) qui peut-être écrite

$$v^2 = C_1 - \frac{2bm}{r} \quad (16)$$

v désignant la vitesse du corpuscule.

Nous allons introduire ici

$$R = \alpha R_1, \quad z = \alpha z_1, \quad r = \alpha r_1, \quad t = \beta \tau$$

α et β étant des constantes, ce qui revient à introduire d'autres unités de longueur et de temps.

Cela donne, pour l'angle φ , l'équation

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{\beta C}{\alpha^2 R_1^2} - \frac{\beta a M}{\alpha^3 r_1^3}$$

Nous allons distinguer 3 cas principaux:

$$C > 0, \quad C < 0 \quad \text{et} \quad C = 0.$$

¹ Voir: *Sur un problème important dans la physique cosmique*, les Comptes Rendus du 10 février et *Sur un problème mécanique et ses applications à la physique cosmique*, ibid. du 17 février 1913.

Premier cas $C > 0$.

On choisit alors les coefficients de $\frac{1}{R_1^2}$ et de $\frac{1}{r_1^3}$ respectivement égaux à 1 et à -1 , c'est à dire

$$\frac{\beta C}{\alpha^2} = 1$$

$$\frac{\beta a M}{\alpha^3} = 1$$

ce qui donne

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{aM}{C} \\ \beta &= \frac{a^2 M^2}{C^3} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Alors un calcul facile donne le système suivant:

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r_1^3} \quad (I)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \\ \left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 &= Q_1 + h \end{aligned} \right\} \quad (II)$$

où

$$Q_1 = -\frac{D}{r_1} - \left(\frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3} \right)^2 \quad (18)$$

les constantes D et h ayant les valeurs:

$$D = \frac{2 a M b m}{C^3} \quad (19)$$

$$h = \frac{a^2 M^2}{C^4} \cdot C_1 \quad (20)$$

Second cas $C < 0$.

Alors $C = -\Gamma$, où $\Gamma > 0$ et nous choisissons

$$\frac{\beta \Gamma}{\alpha^2} = 1$$

$$\frac{\beta a M}{\alpha^3} = 1$$

ce qui donne

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= \frac{aM}{\Gamma} \\ \beta &= \frac{a^2 M^2}{\Gamma^3} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

On obtient alors le système suivant

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = -\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r_1^3} \quad (III)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \end{aligned} \right\} \quad (IV)$$

$$\left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 = Q_1 + h$$

où

$$Q_1 = -\frac{D}{r_1} - \left(\frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3} \right)^2 \quad (22)$$

avec

$$D = \frac{2 a M b m}{\Gamma^3} \quad (23)$$

$$h = \frac{a^2 M^2}{\Gamma^4} C_1 \quad (24)$$

Enfin vient le

Troisième cas $C = 0$.

Alors on obtient

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = -\frac{\beta a M}{\alpha^3 r_1^3}$$

et

$$\left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 = -\frac{2 b m \beta^2}{\alpha^3} \frac{1}{r_1} - \frac{a^2 M^2 \beta^2}{\alpha^6} \frac{R_1^2}{r_1^6} + \frac{\beta^2 C_1}{\alpha^2}$$

Si $bm > 0$, on choisit

$$\frac{\beta a M}{\alpha^3} = 1$$

$$\frac{2 b m \beta^2}{\alpha^3} = 1$$

c'est à dire

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= (aM)^{\frac{2}{3}} \cdot (2bm)^{-\frac{1}{3}} \\ \beta &= \frac{1}{2} \frac{aM}{bm} \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

et le système transformé sera

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = -\frac{1}{r_1^3} \quad (V)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \\ \left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 &= Q_1 + h \end{aligned} \right\} \quad (VI)$$

où

$$Q_1 = -\frac{1}{r_1} - \frac{R_1^2}{r_1^5} \quad (26)$$

et

$$h = (aM)^{\frac{2}{3}} \cdot (2bm)^{-\frac{4}{3}} C_1 \quad (27)$$

Au contraire, si $bm < 0$, on choisit:

$$\frac{\beta aM}{\alpha^3} = 1$$

$$\frac{2|bm|\beta^2}{\alpha^3} = 1$$

c'est à dire

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= (aM)^{\frac{2}{3}} \cdot (2|bm|)^{-\frac{1}{3}} \\ \beta &= \frac{aM}{2|bm|} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

où $|bm|$ désigne la valeur absolue de bm .

Cela donne

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = -\frac{1}{r_1^3} \quad (VII)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \\ \left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 &= Q_1 + h \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII})$$

où

$$Q_1 = \frac{1}{r_1} - \frac{R_1^2}{r_1^6} \quad (29)$$

et

$$h = (aM)^{\frac{2}{3}} \cdot (2bm)^{-\frac{4}{3}} C_1 \quad (30)$$

Enfin, si $bm = 0$, on choisit

$$\begin{aligned} \frac{\beta a M}{\alpha^3} &= 1 \\ \frac{\beta^2 C_1}{\alpha^2} &= 1 \end{aligned}$$

Ici C_1 est forcément positif, parceque l'équation

$$\left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 = \frac{\beta^2 C_1}{\alpha^2} - \frac{a^2 M^2 \beta^2}{\alpha^6} \frac{R_1^2}{r_1^6}$$

serait impossible, si $C_1 \leq 0$.

Cela donne

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= (aM)^{\frac{1}{2}} \cdot C_1^{-\frac{1}{3}} \\ \beta &= (aM)^{\frac{1}{2}} \cdot C_1^{-\frac{2}{3}} \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

et l'on obtient le système:

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = - \frac{1}{r_1^3} \quad (\text{IX})$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \\ \left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 &= Q_1 \end{aligned} \right\} \quad (\text{X})$$

où

$$Q_1 = 1 - \frac{R_1^2}{r_1^6} \quad (32)$$

Dans ce qui suit nous aurons besoin du développement de la fonction Q_1 aux environs d'un point arbitraire du plan. Il faut alors connaître les dérivées successives de Q_1 par rapport à R_1 et à z_1 .

Voici les premières, où, pour abréger l'écriture, nous avons omis les indices 1 de R_1 et z_1 :

$$\text{Cas } C > 0 \quad \text{où} \quad Q_1 = -\frac{D}{r} - \frac{R^2}{r^6} + \frac{2}{r^3} - \frac{1}{R^2}$$

$$\frac{\partial Q_1}{\partial R} = D \frac{R}{r^3} - \left(\frac{2R}{r^6} - \frac{6R^3}{r^8} \right) - \frac{6R}{r^5} + \frac{2}{R^3}$$

$$\frac{\partial Q_1}{\partial z} = D \frac{z}{r^3} + \frac{6R^2 z}{r^8} - \frac{6z}{r^5}$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial R^2} = D \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3R^2}{r^5} \right) - \left(\frac{2}{r^6} - \frac{30R^2}{r^8} + \frac{48R^4}{r^{10}} \right) - \left(\frac{6}{r^5} - \frac{30R^2}{r^7} \right) - \frac{6}{R^4}$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial R \partial z} = D \left(-\frac{3Rz}{r^5} \right) + 6 \left(\frac{2Rz}{r^8} - \frac{8R^3 z}{r^{10}} \right) + 30 \frac{Rz}{r^7}$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial z^2} = D \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5} \right) + 6 \left(\frac{R^2}{r^8} - \frac{8R^2 z^2}{r^{10}} \right) - 6 \left(\frac{1}{r^5} - \frac{5z^2}{r^7} \right)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^3 Q_1}{\partial R^3} = D \left(-\frac{9R}{r^5} + \frac{15R^3}{r^7} \right) + \left(\frac{72R}{r^8} - \frac{432R^3}{r^{10}} + \frac{480R^5}{r^{12}} \right) + \\ + \left(\frac{90R}{r^7} - \frac{210R^3}{r^9} \right) + \frac{24}{R^5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^3 Q_1}{\partial R^2 \partial z} = D \left(-\frac{3z}{r^5} + \frac{15R^2 z}{r^7} \right) + \left(\frac{12z}{r^8} - \frac{240R^2 z}{r^{10}} + \frac{480R^4 z}{r^{12}} \right) + \\ + \left(\frac{30z}{r^7} - \frac{210R^2 z}{r^9} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^3 Q_1}{\partial R \partial z^2} = D \left(-\frac{3R}{r^5} + \frac{15Rz^2}{r^7} \right) + \left(\frac{12R}{r^8} - \frac{48R^3}{r^{10}} - \frac{96Rz^2}{r^{10}} + \frac{480R^3 z^2}{r^{12}} \right) + \\ + \left(\frac{30R}{r^7} - \frac{210Rz^2}{r^9} \right) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial^3 Q_1}{\partial z^3} = D \left(-\frac{9z}{r^5} + \frac{15z^3}{r^7} \right) + \left(-\frac{144R^2 z}{r^{10}} + \frac{480R^2 z^3}{r^{12}} \right) + \left(\frac{90z}{r^7} - \frac{210z^3}{r^9} \right)$$

Cas $C < 0$:

Les formules correspondantes s'obtiennent en changeant le signe des dérivées du terme $\frac{2}{r^3}$ dans l'expression de Q_1 . Nous nous bornons à écrire les dérivées des deux premiers ordres :

$$\frac{\partial Q_1}{\partial R} = D \frac{R}{r^3} - \left(\frac{2R}{r^6} - \frac{6R^3}{r^5} \right) + \frac{6R}{r^5} + \frac{2}{R^3}$$

$$\frac{\partial Q_1}{\partial z} = D \frac{z}{r^3} + \frac{6R^2 z}{r^8} + \frac{6z}{r^5}$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial R^2} = D \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3R^2}{r^5} \right) - \left(\frac{2}{r^6} - \frac{30R^2}{r^8} + \frac{48R^4}{r^{10}} \right) + \left(\frac{6}{r^5} - \frac{30R^2}{r^7} \right) - \frac{6}{R^4}$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial R \partial z} = D \left(-\frac{3Rz}{r^5} \right) + 6 \left(\frac{2Rz}{r^8} - \frac{8R^3 z}{r^{10}} \right) - \frac{30Rz}{r^7}$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial z^2} = D \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5} \right) + 6 \left(\frac{R^2}{r^8} - \frac{8R^2 z^2}{r^{10}} \right) + 6 \left(\frac{1}{r^5} - \frac{5z^2}{r^7} \right)$$

Enfin, si $C = 0$ et $bm \geq 0$, on aura $D = \pm 1$ et seulement les dérivées de $\frac{R^2}{r^6}$ subsistent; donc

$$\frac{\partial Q_1}{\partial R} = \pm \frac{R}{r^3} - \left(\frac{2R}{r^6} - \frac{6R^3}{r^5} \right)$$

$$\frac{\partial Q_1}{\partial z} = \pm \frac{z}{r^3} + \frac{6R^2 z}{r^8}$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial R^2} = \pm \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3R^2}{r^5} \right) - \left(\frac{2}{r^6} - \frac{30R^2}{r^8} + \frac{48R^4}{r^{10}} \right)$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial R \partial z} = \pm \left(-\frac{3Rz}{r^5} \right) + 6 \left(\frac{2Rz}{r^8} - \frac{8R^3 z}{r^{10}} \right)$$

$$\frac{\partial^2 Q_1}{\partial z^2} = \pm \left(\frac{1}{r^3} - \frac{3z^2}{r^5} \right) + 6 \left(\frac{R^2}{r^8} - \frac{8R^2 z^2}{r^{10}} \right)$$

On devra alors substituer ces expressions dans la formule de Taylor de deux variables indépendantes, pour obtenir le développement de la fonction Q_1 autour d'un point arbitraire du plan des R_1, z_1 .

4. Interprétation mécanique des systèmes transformés, et son importance pour la discussion des trajectoires.

Comme nous venons de voir, R_1 et z_1 sont définies comme fonctions de τ par un système de la forme

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \\ \left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 &= Q_1 + h \end{aligned} \right\} \quad (A)$$

Q_1 étant une fonction donnée de R_1 et de z_1 , et h étant une constante.

Ensuite, l'angle φ est donné par une autre équation

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = U \quad (B)$$

U étant une autre fonction donnée de R_1 et de z_1 .

Comme d'autre part

$$R_1 = \frac{R}{\alpha}, \quad z_1 = \frac{z}{\alpha}, \quad r_1 = \frac{r}{\alpha}$$

$$\tau = \frac{t}{\beta}$$

où α et β sont des constantes, les systèmes (A) et (B) sont les équations de mouvement du corpuscule, quand on choisit comme unité de longueur α centimètres, et comme unité de temps β secondes.

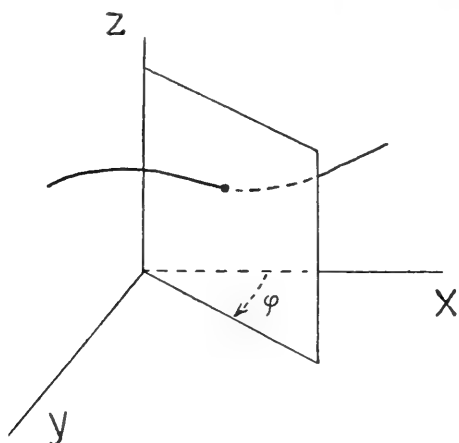


Fig. 2.

Cela posé, supposons que, pendant le mouvement du corpuscule, un plan passant par l'axe des z suive toujours le corpuscule de manière que celui-ci reste dans ce plan variable. Alors, avec nos unités α et β , les coordonnées du corpuscule dans ce plan sont R_1 et z_1 , et le mouvement dans ce plan est régi par les équations (A).

D'autre part, le mouvement du plan méridien lui-même est régi par l'équation (B).

Cela posé, le mouvement du corpuscule dans le plan méridien défini par le système (A), est susceptible à une interprétation très importante pour l'étude des trajectoires:

En effet, dans ce plan, le corpuscule se meut comme s'il était un point matériel de masse 1, en mouvement sous l'action d'une force dérivant d'une fonction de force $\frac{1}{2} Q_1$, la constance des forces vives ayant la valeur $\frac{1}{2} h$.

Comme dans le cas sans force centrale¹, cette interprétation est extrêmement utile pour l'étude des trajectoires. Ainsi, quand on a dessiné les lignes de niveau

$$Q_1 = \text{constante}$$

la discussion des trajectoires dans le plan méridien est très facile, la force étant toujours normale aux lignes de niveau et dirigée vers les Q_1 croissants.

D'autre part, pour des valeurs fixes des constantes h et D (figurant dans Q_1), la trajectoire ne sortira pas des parties du plan, où

$$Q_1 + h \geq 0$$

parties limitées par la courbe

$$Q_1^* = -h.$$

La trajectoire dans l'espace ne sortira pas des régions obtenues en tournant les parties du plan $Q_1 + h \geq 0$ autour de l'axe des z_1 , régions qui sont limitées par les surfaces de révolution

$$Q_1 = -h.$$

Ce sont précisément les mêmes régions qu'on obtient par la discussion de l'inégalité (7).

Nous allons y revenir.

5. La variation de l'angle φ le long de la trajectoire et sa relation avec la vitesse et l'angle θ entre la tangente et le plan méridien.

La discussion de la formule pour l'angle φ , qui définit le mouvement du plan méridien, est très facile.

¹ Voir: Sur les trajectoires des corpuscules électrisés dans l'espace etc. § 8 et 9. Archives des sciences physiques et naturelles, Genève 1907.

On voit ainsi que, dans les cas $C < 0$ et $C = 0$, $\frac{d\varphi}{d\tau}$ est toujours négatif, c'est à dire que le plan méridien se meut toujours dans la même direction, celle des φ décroissants.

Au contraire, si $C > 0$, on a

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r_1^3}.$$

et φ va croître ou décroître, selon que $r_1^3 - R_1^2$ est positif ou négatif.

Si φ atteint un maximum ou un minimum, cela exige que $\frac{d\varphi}{d\tau}$ soit nul; donc:

L'angle φ ne peut avoir de maximum ou de minimum qu'aux moments où le corpuscule passe par la surface de revolution $r_1^3 = R_1^2$.

Considérons maintenant la vitesse v du corpuscule donné par la formule (16)

$$v^2 = C_1 - \frac{2bm}{r} \quad (v \geq 0)$$

Introduisons la vitesse v_1 et l'arc s_1 de la trajectoire, les unités α et β étant choisies comme unités de longueur et de temps. On aura

$$s_1 = \frac{s}{\alpha}$$

$$v_1 = \frac{\beta}{\alpha} v$$

et

$$\frac{ds_1}{d\tau} = v_1$$

Pour la vitesse v_1 on aura dans les divers cas les formules:

$$\left. \begin{array}{ll} \text{Cas } C \leq 0: & v_1 = \sqrt{h - \frac{D}{r_1}} \\ \text{Cas } C = 0, \quad bm > 0: & v_1 = \sqrt{h - \frac{1}{r_1}} \\ \text{Cas } C = 0, \quad bm < 0: & v_1 = \sqrt{h + \frac{1}{r_1}} \\ \text{Cas } C = 0, \quad bm = 0: & v_1 = 1 \end{array} \right\} \quad (\text{XI})$$

Cela posé, considérons l'angle θ entre la tangente et le plan méridien passant par le point de contact; on a

$$\sin \theta = R \frac{d\varphi}{ds} = R_1 \frac{d\varphi}{ds_1} - R_1 \frac{\frac{d\varphi}{d\tau}}{\frac{ds_1}{d\tau}}$$

donc

$$\sin \theta = \frac{R_1}{v_1} \cdot \frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{R_1}{v_1} \cdot U \quad (33)$$

D'autre part, les équations (6) et (16) donnent

$$\cos \theta = \frac{\sqrt{Q_1 + h}}{v_1}$$

Les points de l'espace, où $\sin \theta$ a une valeur donnée égale à k , seront donc situés sur les surfaces de révolution

$$R_1 U - k v_1 = 0 ,$$

c'est à dire, dans les divers cas, sur les surfaces suivantes, où on devra choisir les racines carrées positives:

$$\left. \begin{aligned} C > 0: & \quad -\frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3} + k \sqrt{h - \frac{D}{r_1}} = 0 \\ C < 0: & \quad \frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3} + k \sqrt{h - \frac{D}{r_1}} = 0 \\ C = 0, \quad bm > 0: & \quad \frac{R_1}{r_1^3} + k \sqrt{h - \frac{1}{r_1}} = 0 \\ C = 0, \quad bm < 0: & \quad \frac{R_1}{r_1^3} + k \sqrt{h + \frac{1}{r_1}} = 0 \\ C = 0, \quad bm = 0: & \quad \frac{R_1}{r_1^3} + k = 0 \end{aligned} \right\} \quad (XII)$$

A coté de la discussion des surfaces de révolution $Q_1 = \text{constante}$, la discussion de ces surfaces, où $\sin \theta = k$, aura une grande importance pour l'étude du mouvement.

Les régions de l'espace en dehors desquelles les trajectoires correspondant à des valeurs données de h et de D ne peuvent sortir, s'obtiennent en faisant croître k de -1 à $+1$ et en prenant les parties de

l'espace parcouru par les surfaces $R_1 U - k v_1 = 0$ correspondantes. On voit donc, tout de suite, qu'on obtient précisément les régions limitées par les surfaces $Q_1 = -h$, résultat déjà mentionné à la fin du § 4.

6. Valeurs des constantes en fonction des conditions initiales.

Cas divers.

Supposons qu'à un moment donné, les coordonnées R , z , r , l'angle θ et la vitesse v aient les valeurs

$$R_0, z_0, r_0, \theta_0 \text{ et } v_0$$

le système d'unités étant le centimètre, le gramme, et la seconde, et cherchons les valeurs correspondantes des diverses constantes introduites.

On a d'abord (équations (14) et (15)):

$$aM = \frac{|\varepsilon| M}{3 \cdot 10^{10} \mu}$$

$$bm = -\frac{(1 - i) S}{1,5 \cdot 10^7} + \frac{\varepsilon E}{\mu}$$

Ensuite l'équation (16) donne

$$C_1 = v_0^2 + \frac{2 bm}{r_0} \quad (34)$$

La constante C peut-être trouvée par l'équation (6) qui donne

$$C = R_0 v_0 \sin \theta_0 + aM \frac{R_0^2}{r_0^3} \quad (35)$$

Enfin, les équations (17), (19), (20), (21), (23), (24), (25), (27), (28), (30), (31) donnent les valeurs correspondantes des constantes α , β , h et D .

Considérons les cas principaux, qui peuvent se présenter:

Attraction.

Alors bm sera négatif et C et C_1 peuvent être positifs, négatifs ou nuls. On peut donc avoir les cas:

$$1^0. \quad C > 0, \quad D < 0, \quad h \leq 0$$

$$2^0. \quad C < 0, \quad D < 0, \quad h \geq 0$$

$$3^0. \quad C = 0, \quad bm < 0, \quad h \geq 0$$

Quant à l'orientation, rappelons qu'elle sera comme sur les figures:

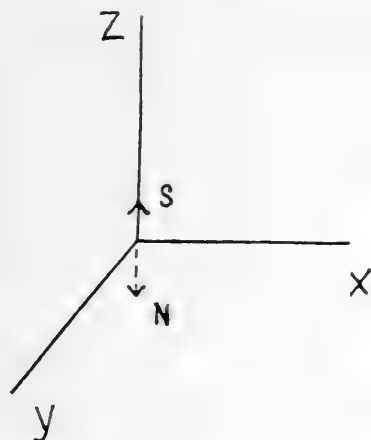


Fig. 3. Corpuscules positifs.

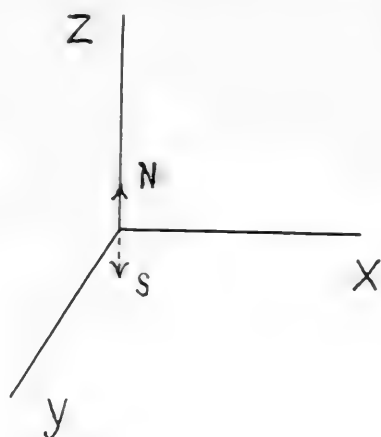


Fig. 4. Corpuscules négatifs.

Répulsion.

Alors bm sera positif, et C positif, négatif ou nul. Cependant C_1 doit être positif. On aura donc les cas suivants:

$$1^0. \quad C > 0, \quad D > 0, \quad h > 0$$

$$2^0. \quad C < 0, \quad D > 0, \quad h > 0$$

$$3^0. \quad C = 0, \quad bm > 0, \quad h > 0$$

Quant à l'orientation, on aura la même règle que dans le cas de l'attraction.

Étudions les signes des constantes C et C_1 . Nous avons

$$C = R_0 v_0 \sin \theta_0 + aM \frac{R_0^2}{r_0^3}$$

Ici R_0 , r_0 , v_0 et aM sont positifs ou nuls, et $\sin \theta_0$ est positif, nul ou négatif, selon que la tangente dans la direction du mouvement au moment initial est dirigée vers les φ croissants, est située dans le plan méridien, ou est dirigée vers les φ décroissants.

Dans les deux premiers cas, C sera sûrement positif, dans le troisième, où $\theta_0 = -\theta_0'$, $\theta_0' > 0$, on aura

$$C = -R_0 v_0 \sin \theta_0' + aM \frac{R_0^2}{r_0^3}$$

donc C sera positif, nul ou négatif, selon que

$$\sin \theta_0' \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \frac{aM R_0}{v_0 r_0^3}$$

C sera aussi nul, si $R_0 = 0$, c'est à dire si le point (R_0, z_0) est situé sur l'axe des z .

Quant à C_1 , nous avons vu qu'il est positif dans le cas de répulsion. Dans le cas d'attraction on a

$$C_1 = v_0^2 - \frac{2|bm|}{r_0}$$

et C_1 sera positif nul ou négatif, selon que

$$v_0 \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} \sqrt{\frac{2|bm|}{r_0}}$$

Chapitre II.

Trajectoires circulaires et points d'équilibre.

7. Valeurs des constantes correspondant aux trajectoires circulaires. Étude de ces trajectoires.

Considérons d'abord les trajectoires circulaires dans le plan $z = 0$. Nous avons trouvé pour ces trajectoires:

$$x = R_0 \cos \frac{vt}{R_0}$$

$$y = R_0 \sin \frac{vt}{R_0}$$

$$z = 0$$

où R_0 est le rayon de la trajectoire circulaire, et où v est une constante positive ou négative, satisfaisant à la condition

$$v^2 R_0^2 + bm R_0 - aMv = 0 \quad (10)$$

Donc $|v|$ est la vitesse constante et le mouvement se fera dans le sens des φ croissants ou des φ décroissants, selon que v est positif ou négatif.

A l'aide de cette condition, les constantes aM , C et C_1 peuvent être exprimées par v , R_0 et bm .

Les équations (10), (34) et (35) donnent en effet ¹:

$$\left. \begin{aligned} aM &= v R_0^2 + \frac{bm}{v} R_0 \\ C &= 2 v R_0 + \frac{bm}{v} \\ C_1 &= v^2 + \frac{2 bm}{R_0} \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

Considérons successivement les trois cas $C > 0$, $C < 0$ et $C = 0$ *.

Premier cas $C > 0$:

Avec les notations du § 3, posons

$$R_0 = \alpha \xi$$

ξ sera alors le rayon du cercle mesuré avec l'unité de longueur α . Ici

$$\alpha = \frac{aM}{C}$$

donc

$$\alpha = R_0 \frac{1 + \frac{bm}{v^2 R_0}}{2 + \frac{bm}{v^2 R_0}}$$

Cela donne

$$\xi = \frac{2 + \frac{bm}{v^2 R_0}}{1 + \frac{bm}{v^2 R_0}}$$

et

$$\frac{bm}{v^2 R_0} = \frac{2 - \xi}{\xi - 1}$$

Ensuite

$$aM = v R_0^2 \frac{1}{\xi - 1}$$

$$C = v R_0 \frac{\xi}{\xi - 1}$$

$$C_1 = v^2 \cdot \frac{3 - \xi}{\xi - 1}$$

¹ Voir ma Note dans les Comptes Rendus du 25 novembre 1912.

* Idem du 10 février 1913.

Donc l'équation (19) donne $D = D_0$, $h = h_0$, où

$$D_0 = \frac{2(2 - \xi)(\xi - 1)}{\xi^3} \quad (37)$$

$$h_0 = \frac{(3 - \xi)(\xi - 1)}{\xi^4} \quad (38)$$

Second cas $C < 0$:

Alors $C = -\Gamma$ et $\alpha = \frac{aM}{\Gamma}$, donc

$$\alpha = -R_0 \frac{1 + \frac{bm}{v^2 R_0}}{2 + \frac{bm}{v^2 R_0}}$$

et en appelant, comme plus haut, ξ le rayon du cercle mesuré avec l'unité a , on trouve

$$\frac{bm}{v^2 R_0} = -\frac{\xi + 2}{\xi + 1}$$

ce qui donne

$$aM = -v R_0^2 \frac{1}{\xi + 1}$$

$$C = v R_0 \frac{\xi}{\xi + 1}$$

$$C_1 = -v^2 \frac{\xi + 3}{\xi + 1}$$

Cela donne $D = D_0$, $h = h_0$ où

$$D_0 = -\frac{2(\xi + 1)(\xi + 2)}{\xi^3} \quad (39)$$

$$h_0 = -\frac{(\xi + 1)(\xi + 3)}{\xi^4} \quad (40)$$

Enfin vient le troisième cas $C = 0$:

Cela donne

$$bm = -2v^2 R_0$$

et

$$aM = -v R_0^2$$

$$C_1 = -3v^2$$

Donc, si ξ est le rayon du cercle mesuré avec l'unité α , on trouve:

$$\xi = \sqrt[3]{4} \quad (41)$$

et

$$h = -\frac{3}{8} \sqrt[3]{2} \quad (42)$$

Cela posé, supposons les constantes aM , bm et v données d'avance et considérons les différents cas possibles:

On a d'après l'équation (10):

$$R_0 = \frac{-bm \pm \sqrt{b^2 m^2 + 4 a M v^3}}{2 v^2}$$

De plus

$$C = 2 v \left(R_0 + \frac{bm}{2 v^2} \right)$$

et on trouve les cas suivants:

Attraction.

Alors $bm = -|bm|$, et, suivant que $v \geq 0$, on aura les cas:

I. q croissant, $v = v_0$.

$$R_0 = \frac{|bm| + \sqrt{b^2 m^2 + 4 a M v_0^3}}{2 v_0^2} \quad (43)$$

auquel correspond

$$C > 0, \quad \xi > 2, \quad D < 0$$

II. q décroissant, $v = -v_0$.

$$R_0 = \frac{|bm| + \sqrt{b^2 m^2 - 4 a M v_0^3}}{2 v_0^2} \quad (44)$$

où

$$4 a M v_0^3 < b^2 m^2$$

auquel correspond

$$C < 0, \quad \xi \geq 1, \quad D < 0, \quad h < 0$$

III. q décroissant, $v = -v_0$.

$$R_0 = \frac{bm - \sqrt{b^2 m^2 - 4 a M v_0^3}}{2 v_0^2} \quad (45)$$

où

$$4 a M v_0^3 < b^2 m^2$$

auquel correspond

$$C > 0, \quad \xi < 1, \quad D < 0, \quad h < 0$$

IV. φ décroissant, $v = -v_0$.

$$R_0 = \frac{|bm|}{2v_0^2} \quad (46)$$

où

$$4aMv_0^3 = b^2m^2$$

auquel correspond

$$C = 0, \quad \xi = \sqrt[3]{4}, \quad h = -\frac{3}{8}\sqrt[3]{2}$$

Répulsion.

Alors $bm > 0$ et v sera positif et $= v_0$, et on aura le cas:

V. φ croissant.

$$R_0 = \frac{\sqrt{b^2m^2 + 4aMv_0^3} - bm}{2v_0^2} \quad (47)$$

auquel correspond

$$C > 0, \quad 1 < \xi < 2, \quad D > 0, \quad h > 0$$

Considérons maintenant *les cercles en dehors du plan $z = 0$* . D'après les formules (11) et (12), nous avons alors

$$x = r_0 \cos \psi_0 \cos \frac{vt}{R_0}$$

$$y = r_0 \cos \psi_0 \sin \frac{vt}{R_0}$$

$$z = r_0 \sin \psi_0$$

et

$$r_0 = -\frac{2bm}{3v^2}$$

$$\cos \psi_0 = -\frac{2b^2m^2}{9aMv^3}$$

Donc bm sera négatif, c'est à dire on aura *attraction*.

De plus v sera négatif, égal à $-v_0$ et

$$9aMv_0^3 > 2b^2m^2$$

Le mouvement aura donc lieu *dans le sens des φ décroissants*.

On trouve ensuite, en posant

$$R_0 = r_0 \cos \psi_0$$

que

$$aM = v_0 \frac{r_0^3}{2 R_0}$$

et

$$C = -\frac{1}{2} R_0 v_0$$

$$C_1 = -2 v_0^2$$

On se trouvera donc dans le cas $C < 0$, et on obtient

$$\alpha = \frac{r_0^3}{R_0^2}$$

Posons $z = z_0$ et

$$R_0 = \alpha \xi$$

$$z_0 = \alpha \eta$$

ξ et η sont donc le rayon du cercle et la distance de ce cercle du plan $z = 0$, quand α est choisie comme unité de longueur. Cela donne

$$\xi = \frac{R_0}{\alpha} = \left(\frac{R_0}{r_0} \right)^3$$

$$\eta = \frac{z_0}{\alpha} = \frac{z_0}{r_0} \left(\frac{R_0}{r_0} \right)^2$$

En introduisant l'angle ψ_0 on aura donc

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \cos^3 \psi_0 \\ \eta &= \cos^2 \psi_0 \sin \psi_0 \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

L'angle ψ_0 tendra vers zéro, si $9 aM v_0^3$ tend vers $2 b^2 m^2$, et vers $\pm \frac{\pi}{2}$, si

$$\frac{b^2 m^2}{aM v^3}$$

tend vers zéro, c'est à dire, si bm tend vers zéro ou aM ou v vers l'infini.

On trouve ensuite $D = D_0$, $h = h_0$, où

$$D_0 = -\frac{12}{\cos^4 \psi_0} \quad (49)$$

et

$$h_0 = -\frac{8}{\cos^6 \psi_0} \quad (50)$$

Si donc $9 a M v_0^3$ tend vers $2 b^2 m^2$, D_0 tendra vers -12 et h_0 vers -8 , et les cercles se confondront avec le cercle dans le plan $z = 0$ correspondant au cas II.

Rappelons que, pendant toute cette discussion, l'orientation de l'aimant par rapport au système des coordonnées a été la suivante:

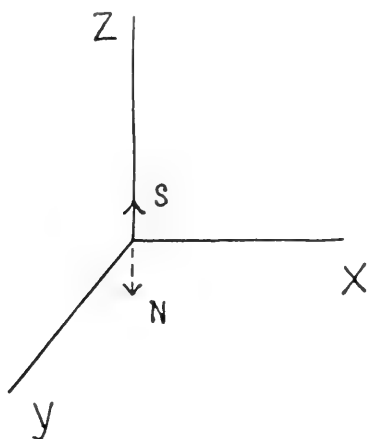


Fig. 5. Corpuscules positifs.

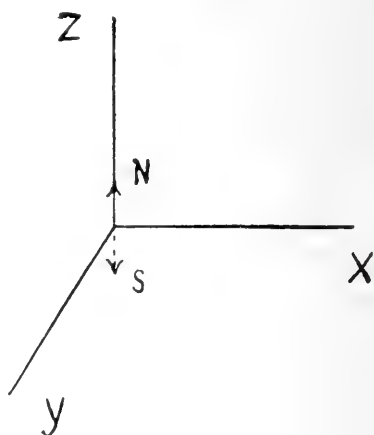


Fig. 6. Corpuscules négatifs.

8. Les points d'équilibre du système (A) et leur connection avec les trajectoires circulaires. Développement de la fonction $Q_1 + h$ autour des points d'équilibre.

Revenons maintenant au système (A) définissant R_1 et z_1 comme fonctions de τ :

$$\frac{d^2 R_1}{d\tau^2} = \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R}$$

$$\frac{d^2 z_1}{d\tau^2} = \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z}$$

$$\left(\frac{dR_1}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau}\right)^2 = Q_1 + h$$

Soit (ξ, η) un point d'équilibre de ce système. Alors le système sera satisfait par les valeurs constantes

$$R_1 = \xi$$

$$z_1 = \eta$$

Alors l'équation (B) fait voir que η sera une fonction linéaire de t . Donc la trajectoire correspondante dans l'espace sera un cercle avec centre sur l'axe des z , et dont le plan est parallèle au plan $z = 0$ ou bien identique avec ce plan, et cette trajectoire sera parcourue avec vitesse constante.

Vice versa, à une telle trajectoire correspond précisément un point d'équilibre du système (A).

Donc, toutes les trajectoires circulaires avec centre sur l'axe des z et parallèles avec ou situées dans le plan $z = 0$ étant trouvées, cela donne tous les points d'équilibre du système (A).

Les points d'équilibre sont aussi des points doubles des lignes de niveau; en effet, en un tel point, on aura

$$\frac{\partial Q_1}{\partial R_1} = 0, \quad \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} = 0.$$

Pour la discussion détaillée des lignes de niveau, il est très utile de connaître leur configuration aux environs des points d'équilibre. Il faut alors développer la fonction de force Q_1 autour de ces points.

Posons

$$R_1 = \xi + u$$

$$z_1 = \eta + w$$

La valeur de la fonction Q_1 au point (ξ, η) est précisément la valeur de la constante $-h$ à ce point; en effet, au point d'équilibre, on a

$$\frac{dR_1}{dt} = 0 \text{ et } \frac{dz_1}{dt} = 0, \text{ donc } Q_1 + h = 0.$$

D'autre part, D aura la valeur en fonction de ξ et η que nous avons trouvée plus haut. Donc le développement sera

$$Q_1 + h = A'u^2 + B'uw + C'w^2 + \dots$$

où A' , B' et C' sont les valeurs de

$$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 Q_1}{\partial R_1^2}, \quad \frac{\partial^2 Q_1}{\partial R_1 \partial z_1} \quad \text{et} \quad \frac{1}{2} \frac{\partial^2 Q_1}{\partial z_1^2}$$

au point d'équilibre.

Cela donne, substitué dans le système (A):

$$\frac{d^2 u}{d\tau^2} = A'u + \frac{1}{2} B'w + \dots$$

$$\frac{d^2 w}{d\tau^2} = \frac{1}{2} B'u + C'w + \dots$$

$$\left(\frac{du}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{dw}{d\tau}\right)^2 = A'u^2 + B'uw + C'w^2 + \dots$$

Assez près du point d'équilibre, les lignes de niveau auront une configuration qui tend à coïncider avec celle des sections coniques

$$A'u^2 + B'uw + C'w^2 = \varepsilon$$

ε étant positif et infiniment petit.

Nous allons calculer A' , B' et C' dans les différents cas $C > 0$, $C < 0$ et $C = 0$ *.

Premier cas $C > 0$.

Nous avons alors

$$Q_1 = -\frac{D}{r_1} - \left(\frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3}\right)^2$$

avec

$$D = D_0 = -2 \xi^{-1} + 6 \xi^{-2} - 4 \xi^{-3}$$

$$h = h_0 = \xi^{-2} + 4 \xi^{-3} - 3 \xi^{-4}$$

Ensuite on obtient, après quelque calcul (voir les formules pour les dérivées § 3),

$$\left. \begin{aligned} A' &= -\xi^{-4} + 6 \xi^{-5} - 6 \xi^{-6} \\ B' &= 0 \\ C' &= -\xi^{-4} + \xi^{-6} \end{aligned} \right\} \quad (51)$$

Deuxième cas $C < 0$.

Alors on a

$$Q_1 = -\frac{D}{r_1} - \left(\frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3}\right)^2$$

* Voir ma Note dans les Comptes Rendus du 10 février 1913.

et pour les points d'équilibre sur l'axe des R_1 :

$$\begin{aligned} D &= D_0 = -2 \xi^{-1} - 6 \xi^{-2} - 4 \xi^{-3} \\ h &= h_0 = -\xi^{-2} - 4 \xi^{-3} - 3 \xi^{-4} \end{aligned}$$

Cela donne (§ 3)

$$\left. \begin{aligned} A' &= -\xi^{-4} - 6 \xi^{-5} - 6 \xi^{-6} \\ B' &= 0 \\ C' &= -\xi^{-4} + \xi^{-6} \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

Pour les points d'équilibre en dehors de l'axe des z , nous avons trouvé

$$\begin{aligned} \xi &= \cos^3 \psi_0 \\ \eta &= \cos^2 \psi_0 \sin \psi_0 \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} D &= D_0 = -12 \cos^{-4} \psi_0 \\ h &= h_0 = -8 \cos^{-6} \psi_0 \end{aligned}$$

ce qui donne (§ 3)

$$\left. \begin{aligned} A' &= [-4 + 12 \cos^2 \psi_0 - 21 \cos^4 \psi_0] \cos^{-12} \psi_0 \\ B' &= (12 - 42 \cos^2 \psi_0) \sin \psi_0 \cos^{-11} \psi_0 \\ C' &= -21 \sin^2 \psi_0 \cos^{-10} \psi_0 \end{aligned} \right\} \quad (53)$$

d'où l'on tire

$$B'^2 - 4 A' C' = -192 \sin^2 \psi_0 \cos^{-22} \psi_0 \quad (54)$$

Troisième cas $C = 0$.

Alors

$$Q_1 = \frac{1}{r_1} - \frac{R_1^2}{r_1^6}$$

$$h = h_0 = -\frac{3}{8} \sqrt[3]{2}, \quad \xi = \sqrt[3]{4}, \quad \eta = 0$$

ce qui donne

$$\left. \begin{aligned} A' &= -\frac{3}{8} \\ B' &= 0 \\ C' &= \frac{1}{16} \end{aligned} \right\} \quad (55)$$

9. Étude de D_0 , h_0 , A' , B' , C' etc. comme fonctions de ξ , pour $C > 0$.

Pour ce qui suit, une étude détaillée des grandeurs D_0 , h_0 , A' , B' , C' etc. sera nécessaire.

Considérons d'abord le cas $C > 0$.

Alors on a

$$D_0 = 2 \xi^{-3} (2 - \xi) (\xi - 1)$$

ce qui donne

$$\frac{dD_0}{d\xi} = 2 \xi^{-4} (\xi - 3 + \sqrt{3}) (\xi - 3 - \sqrt{3})$$

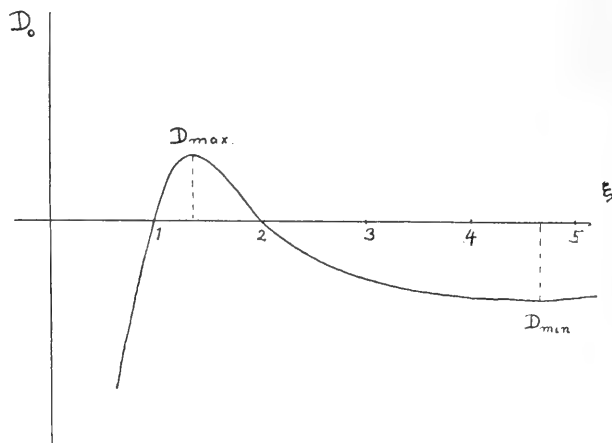


Fig. 7.

Donc, pour ξ positif et très petit, D sera négatif et très grand en valeur absolue. Si ξ croît, D croît aussi, passe par zéro pour $\xi = 1$, et atteint son maximum

$$D_{\max} = \frac{\sqrt{3}}{9} = 0.19245 \dots$$

pour

$$\xi = 3 - \sqrt{3} = 1.26795 \dots$$

Ensuite D_0 décroît, passe par zéro pour $\xi = 2$, et atteint son minimum

$$D_{\min} = -\frac{\sqrt{3}}{9} = -0.19245 \dots$$

pour

$$\xi = 3 + \sqrt{3} = 4.73205 \dots$$

et croît ensuite asymptotiquement vers zéro, quand ξ croît vers l'infini.

On en tire que,

pour $D < -\frac{\sqrt{3}}{9}$, on a 1 point d'équilibre,

pour $-\frac{\sqrt{3}}{9} < D < 0$, on a 3 points d'équilibre,

pour $0 < D < \frac{\sqrt{3}}{9}$, on a 2 points d'équilibre, et

pour $D > \frac{\sqrt{3}}{9}$, il n'y a pas de point d'équilibre.

Voici une table des valeurs¹ de D_0 :

Table des valeurs de D_0 .

ξ	D_0	ξ	D_0	ξ	D_0	ξ	D_0
0.1	-3426	2.3	-0.064116	4.5	-0.19204	9.5	-0.14871
0.2	-360	2.4	-0.081019	4.6	-0.19232	10.0	-0.14400
0.3	-88.148	2.5	-0.096000	4.7	-0.19244	10.5	-0.13951
0.4	-30	2.6	-0.10924	4.8	-0.19242	11.0	-0.13524
0.5	-12	2.7	-0.12092	4.9	-0.19227	11.5	-0.13117
0.6	-5.1852	2.8	-0.13120	5.0	-0.19200	12.0	-0.12731
0.7	-2.2740	2.9	-0.14023	5.1	-0.19163	12.5	-0.12365
0.8	-0.93750	3.0	-0.14815	5.2	-0.19117	13.0	-0.12016
0.9	-0.30178	3.1	-0.15508	5.3	-0.19063	13.5	-0.11685
1.0	0	3.2	-0.16102	5.4	-0.19001	14.0	-0.11370
1.1	0.13524	3.3	-0.16640	5.5	-0.18933	14.5	-0.11071
1.2	0.18518	3.4	-0.17097	5.6	-0.18859	15.0	-0.10785
1.3	0.19117	3.5	-0.17492	5.7	-0.18780	15.5	-0.10513
1.4	0.17493	3.6	-0.17909	5.8	-0.18697	16.0	-0.10254
1.5	0.14815	3.7	-0.18123	5.9	-0.18609	16.5	-0.10006
1.6	0.11719	3.8	-0.18370	6.0	-0.18518	17.0	-0.097700
1.7	0.085487	3.9	-0.18577	6.5	-0.18024	17.5	-0.095440
1.8	0.054870	4.0	-0.18750	7.0	-0.17493	18.0	-0.093278
1.9	0.026243	4.1	-0.18891	7.5	-0.16948	18.5	-0.091209
2.0	0	4.2	-0.19004	8.0	-0.16406	19.0	-0.089226
2.1	-0.023756	4.3	-0.19093	8.5	-0.15876	19.5	-0.087324
2.2	-0.045079	4.4	-0.19158	9.0	-0.15363	20.0	-0.085500

Considérons maintenant

$$h_0 = \xi^{-4} (3 - \xi) (\xi - 1)$$

d'où

$$\frac{dh_0}{d\xi} = 2 \xi^{-5} (\xi - 3 + \sqrt{3}) (\xi - 3 - \sqrt{3}) = \frac{1}{\xi} \frac{dD_0}{d\xi}$$

¹ Ces tables et les suivantes ont été calculées par Melle MARIE GEELMUYDEN.

Donc h_0 aura maximum et minimum au mêmes points que D_0 , et l'on trouve:

Pour ξ positif et très petit, h_0 sera négatif et très grand en valeur absolue.

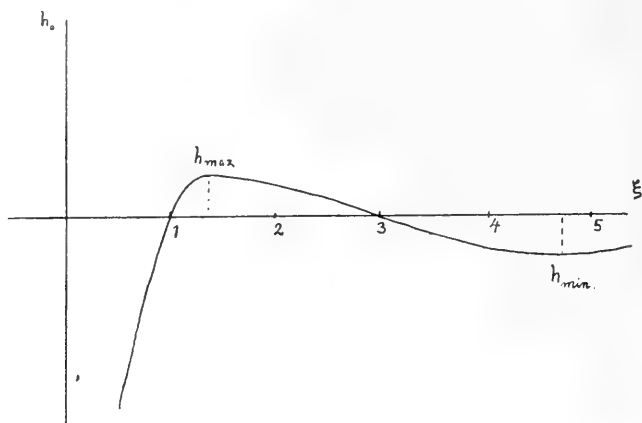


Fig. 8.

Quand ξ croît, h_0 croît aussi, passe par zéro pour $\xi = 1$, et atteint son maximum

$$h_{\max} = \frac{3 + 2\sqrt{3}}{36} = 0.17956 \dots$$

pour

$$\xi = 3 - \sqrt{3} = 1.26795 \dots ;$$

décroît ensuite, passe par zéro pour $\xi = 3$, atteint son minimum

$$h_{\min} = -\frac{3 - 2\sqrt{3}}{36} = -0.01289 \dots$$

pour

$$\xi = 3 + \sqrt{3} = 4.73205 \dots$$

et croît ensuite asymptotiquement vers zéro, quand ξ tend vers l'infini.

Voici une table des valeurs de h_0 :

Table des valeurs de h_0 .

ξ	h_0	ξ	h_0	ξ	h_0	ξ	h_0
0.1	-26100	2.3	0.032518	4.5	-0.012803	9.5	-0.0067832
0.2	-1400	2.4	0.025318	4.6	-0.012864	10.0	-0.0063000
0.3	-233.33	2.5	0.019200	4.7	-0.012890	10.5	-0.0058618
0.4	-60.937	2.6	0.014005	4.8	-0.012885	11.0	-0.0054641
0.5	-20.000	2.7	0.0095965	4.9	-0.012854	11.5	-0.0051029
0.6	-7.4074	2.8	0.0058569	5.0	-0.012800	12.0	-0.0047743
0.7	-2.8738	2.9	0.0026863	5.1	-0.012727	12.5	-0.0044749
0.8	-1.0742	3.0	0	5.2	-0.012637	13.0	-0.0042015
0.9	-0.32007	3.1	-0.0022739	5.3	-0.012534	13.5	-0.0039515
1.0	0	3.2	-0.0041962	5.4	-0.012419	14.0	-0.0037224
1.1	0.12977	3.3	-0.0058183	5.5	-0.012241	14.5	-0.0035120
1.2	0.17361	3.4	-0.0071838	5.6	-0.012161	15.0	-0.0033185
1.3	0.17856	3.5	-0.0083298	5.7	-0.012022	15.5	-0.0031402
1.4	0.16660	3.6	-0.0092878	5.8	-0.011876	16.0	-0.0029755
1.5	0.14815	3.7	-0.010084	5.9	-0.011727	16.5	-0.0028231
1.6	0.12817	3.8	-0.010743	6.0	-0.011574	17.0	-0.0026820
1.7	0.10895	3.9	-0.011282	6.5	-0.010784	17.5	-0.0025509
1.8	0.091450	4.0	-0.011719	7.0	-0.0099958	18.0	-0.0024291
1.9	0.075966	4.1	-0.012068	7.5	-0.0092444	18.5	-0.0023157
2.0	0.062500	4.2	-0.012341	8.0	-0.0085449	19.0	-0.0022099
2.1	0.050905	4.3	-0.012548	8.5	-0.0079022	19.5	-0.0021111
2.2	0.040981	4.4	-0.012700	9.0	-0.0073160	20.0	-0.0020187

Vient ensuite

$$A' = -\xi^{-6} (\xi - 3 + \sqrt{3}) (\xi - 3 - \sqrt{3}) .$$

On trouve

$$\frac{dA'}{d\xi} = 4 \xi^{-7} \left(\xi - \frac{3}{2} \right) (\xi - 6) .$$

Donc, pour ξ positif et très petit, A' sera *négalif* et très grand en valeur absolue.

Si ξ croît, A' croît aussi, passe par zéro pour

$$\xi = 3 - \sqrt{3} = 1.268 \dots$$

devient *positif* et atteint son maximum

$$A'_{\max} = \frac{16}{243} = 0.06584 \dots$$

pour $\xi = \frac{3}{2}$, décroît ensuite, passe par zéro pour

$$\xi = 3 + \sqrt{3} = 4.732 \dots$$

devient *négalif* et passe par son minimum

$$A'_{\min} = -\frac{1}{7776} = -0.0001286 \dots$$

pour $\xi = 6$; si ξ croît vers l'infini, A' reste négatif en s'approchant asymptotiquement de zéro.

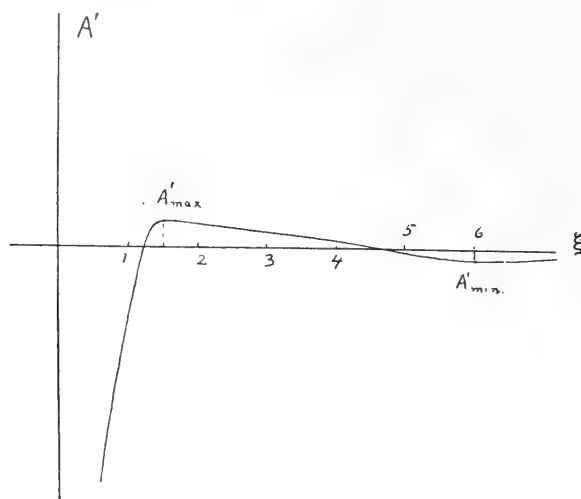


Fig. 9.

Voici une table des valeurs de A' :

Table des valeurs de A' .

ξ	A'	ξ	$10^6 A'$	ξ	$10^8 A'$	ξ	$10^9 A'$
0.1	-5410000	2.3	16955	4.5	9032.2	9.5	-53396
0.2	-75625	2.4	13815	4.6	4644.2	10.0	-46000
0.3	-5884.6	2.5	11264	4.7	1020.5	10.5	-39736
0.4	-917.97	2.6	9193.1	4.8	-1962.3	11.0	-34433
0.5	-208	2.7	7510.7	4.9	-4407.2	11.5	-29939
0.6	-59.156	2.8	6147.9	5.0	-6400	12.0	-26122
0.7	-19.465	2.9	5026.2	5.1	-8013	12.5	-22872
0.8	-7.0190	3.0	4116.0	5.2	-9306.7	13.0	-20096
0.9	-2.6532	3.1	3369.7	5.3	-10332	13.5	-18089
1.0	-1	3.2	2755.8	5.4	-11131	14.0	-15672
1.1	-0.34433	3.3	2252.3	5.5	-11741	14.5	-13907
1.2	-0.080375	3.4	1837.5	5.6	-12191	15.0	-12378
1.3	0.022789	3.5	1496.0	5.7	-12509	15.5	-11051
1.4	0.058436	3.6	1212.7	5.8	-12714	16.0	-9895
1.5	0.065843	3.7	978.27	5.9	-12826	16.5	-8884
1.6	0.061989	3.8	783.78	6.0	-12850	17.0	-7996
1.7	0.054272	3.9	622.38	6.5	-12265	17.5	-7216
1.8	0.045866	4.0	488.28	7.0	-11050	18.0	-6527
1.9	0.038048	4.1	376.81	7.5	-9692.1	18.5	-5917
2.0	0.031250	4.2	284.18	8.0	-8392.3	19.0	-5379
2.1	0.025535	4.3	207.22	8.5	-7225.1	19.5	-4898
2.2	0.020815	4.4	143.31	9.0	-6209.6	20.0	-4467

Considérons maintenant

$$C' = \xi^{-6} (1 - \xi) (1 + \xi)$$

On a

$$\frac{dC'}{d\xi} = 4 \xi^{-7} \left(\xi - \frac{1}{2} \sqrt{6} \right) \left(\xi + \frac{1}{2} \sqrt{6} \right)$$

Donc pour ξ positif et très petit, C' sera *positif* et très grand. Quand ξ croît, C' décroît vers zéro, qu'il dépasse pour $\xi = 1$, et devient négatif.

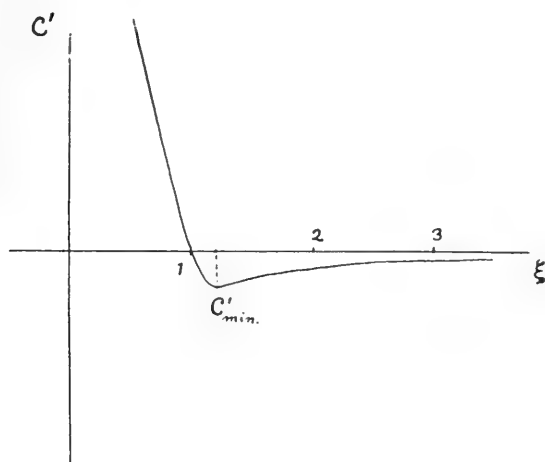


Fig. 10.

Pour $\xi = \frac{1}{2} \sqrt{6} = 1.225 \dots$, C' atteint son minimum

$$C'_{\min} = -\frac{4}{27} = -0.14815 \dots$$

et si ξ croît vers l'infini, C' croît vers zéro en restant toujours négatif.

Voici une table des valeurs de C' :

Table des valeurs de C' .

ξ	C'	ξ	$10^6 C'$	ξ	$10^7 C'$	ξ	$10^8 C'$
0.1	990000	2.3	-28979	4.5	-23183	9.5	-12140
0.2	15000	2.4	-24909	4.6	-21279	10.0	-9900
0.3	1248.3	2.5	-21504	4.7	-19566	10.5	-8152
0.4	205.08	2.6	-18645	4.8	-18020	11.0	-6774
0.5	48	2.7	-16234	4.9	-16624	11.5	-5674
0.6	13.717	2.8	-14207	5.0	-15360	12.0	-4789
0.7	4.3349	2.9	-12456	5.1	-14213	12.5	-4070
0.8	1.3733	3.0	-10976	5.2	-13171	13.0	-3481
0.9	0.35752	3.1	-9703.5	5.3	-12222	13.5	-3057
1.0	0	3.2	-8602.4	5.4	-11357	14.0	-2590
1.1	-0.11854	3.3	-7654.9	5.5	-10507	14.5	-2251
1.2	-0.14736	3.4	-6832.3	5.6	-9844	15.0	-1966
1.3	-0.14295	3.5	-6120	5.7	-9182	15.5	-1725
1.4	-0.12750	3.6	-5494.1	5.8	-8574	16.0	-1520
1.5	-0.10974	3.7	-4945.9	5.9	-8016	16.5	-1344
1.6	-0.092984	3.8	-4463.6	6.0	-7502	17.0	-1193
1.7	-0.078301	3.9	-4038.3	6.5	-5469	17.5	-1063
1.8	-0.065858	4.0	-3662.1	7.0	-4080	18.0	-949.6
1.9	-0.055478	4.1	-3328.2	7.5	-3104	18.5	-851.1
2.0	-0.046875	4.2	-3031.3	8.0	-2403	19.0	-765.4
2.1	-0.039761	4.3	-2766.6	8.5	-1889	19.5	-689.9
2.2	-0.033868	4.4	-2530.0	9.0	-2305	20.0	-623.2

Considérons maintenant le rapport $\frac{A'}{C'}$. Nous avons

$$\frac{A'}{C'} = \frac{\xi^2 - 6\xi + 6}{\xi^2 - 1} - \frac{(\xi - 3 + \sqrt{3})(\xi - 3 - \sqrt{3})}{(\xi - 1)(\xi + 1)}$$

et l'on trouve

$$\frac{d}{d\xi} \left(\frac{A'}{C'} \right) = 6 \cdot \frac{\left(\xi - \frac{7 - \sqrt{13}}{6} \right) \left(\xi - \frac{7 + \sqrt{13}}{6} \right)}{(1 - \xi^2)^2} \quad (56)$$

Donc pour ξ positif et très petit, $\frac{A'}{C'}$ est très voisin de la valeur -6 .

Si ξ croît, $\frac{A'}{C'}$ croît et atteint le maximum

$$\left(\frac{A'}{C'} \right)_{\max} = -\frac{5 + \sqrt{13}}{2} = -4.30278$$

pour

$$\xi = \frac{7 - \sqrt{13}}{6} = 0.5657 \dots$$

Si ξ croît d'avantage, $\frac{A'}{C'}$ décroît et tend vers $-\infty$, quand ξ tend vers 1. Si ξ est très peu différent de 1 mais plus grand, $\frac{A'}{C'}$ est positif et très grand.

Quand ξ croît encore, $\frac{A'}{C'}$ décroît, passe par zéro pour

$$\xi = 3 - \sqrt{3} = 1.268 \dots,$$

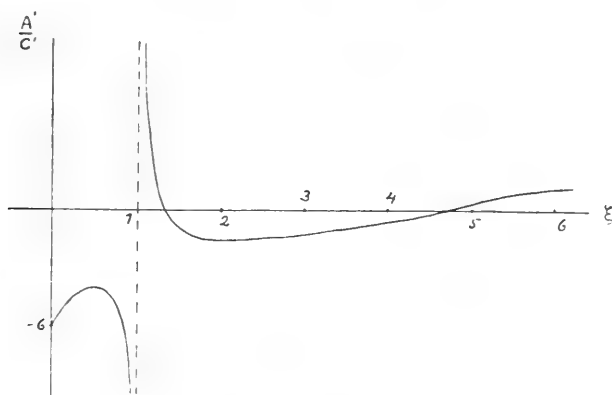


Fig. 11.

devient ensuite négatif, et atteint son minimum égal à

$$\left(\frac{A'}{C'}\right)_{\min} = -\frac{5 - \sqrt{13}}{2} = -0.69722$$

pour

$$\xi = \frac{7 + \sqrt{13}}{6} = 1.7676 \dots$$

Ensuite $\frac{A'}{C'}$ croît et passe par zéro pour

$$\xi = 3 + \sqrt{3} = 4.732 \dots,$$

reste positif et croît asymptotiquement vers 1, quand ξ croît vers l'infini.

Considérons enfin $\sqrt{\left|\frac{A'}{C'}\right|}$ et l'angle ω défini par l'équation

$$\operatorname{tg} \omega = \sqrt{\left|\frac{A'}{C'}\right|}$$

où l'on désigne par $\left|\frac{A'}{C'}\right|$ la valeur absolue de $\frac{A'}{C'}$. L'angle ω et les signes de A' et C' déterminent alors la forme des lignes de niveau au voisinage du point d'équilibre.

Dans l'intervalle $0 < \xi < 1$, $\operatorname{tg} \omega$ décroît d'abord de $\sqrt{6}$ à un minimum

$$\sqrt{\frac{5 + \sqrt{13}}{2}} = 2.0743$$

pour $\xi = 0.5641$ et croît ensuite vers l'infini. L'angle ω décroît donc de $67^{\circ}.79$ à un minimum $64^{\circ}.26$ pour $\xi = 0.5657 \dots$, pour croître ensuite vers 90° .

Dans l'intervalle $1 < \xi < 3 - \sqrt{3}$, $\operatorname{tg} \omega$ décroît de l'infini à zéro, c'est à dire ω décroît de 90° à 0 .

Dans l'intervalle $3 - \sqrt{3} < \xi < 3 + \sqrt{3}$, $\operatorname{tg} \omega$ croît de zéro à un maximum $0.8350 \dots$ pour $\xi = 1.7676 \dots$, et décroît ensuite vers zéro; l'angle ω croît donc de zéro à un maximum $39^{\circ}.86$, et décroît ensuite vers zéro.

Enfin, dans l'intervalle $\xi > 3 + \sqrt{3}$, $\operatorname{tg} \omega$ croît de 0 à 1 , c'est à dire ω de 0 à 45° , quand ξ croît de $3 + \sqrt{3}$ à l'infini.

Voici une table des valeurs de ω :

Table des valeurs de ω .

ξ	ω	ξ	ω	ξ	ω	ξ	ω
0.1	66 ^o .8	2.3	37 ^o .4	4.5	11 ^o .2	9.5	33 ^o .55
0.2	66.0	2.4	36.7	4.6	8.4	10.0	34.3
0.3	65.3	2.5	35.9	4.7	4.1	10.5	34.95
0.4	64.7	2.6	35.1	4.8	5.95	11.0	35.5
0.5	64.35	2.7	34.2	4.9	9.25	11.5	36.0
0.6	64.3	2.8	33.3	5.0	11.6	12.0	36.45
0.7	64.7	2.9	32.4	5.1	13.7	12.5	36.85
0.8	66.1	3.0	31.5	5.2	14.9	13.0	37.2
0.9	69.85	3.1	30.5	5.3	16.2	13.5	37.6
1.0	90	3.2	29.5	5.4	17.4	14.0	37.9
1.1	59.6	3.3	28.5	5.5	18.4	14.5	38.2
1.2	36.45	3.4	27.4	5.6	19.4	15.0	38.4
1.3	21.8	3.5	26.3	5.7	20.3	15.5	38.7
1.4	34.1	3.6	25.2	5.8	21.1	16.0	38.9
1.5	37.8	3.7	24.0	5.9	21.8	16.5	39.1
1.6	39.2	3.8	22.7	6.0	22.5	17.0	39.3
1.7	39.8	3.9	21.4	6.5	25.3	17.5	39.5
1.8	39.85	4.0	20.1	7.0	27.5	18.0	39.7
1.9	39.6	4.1	18.6	7.5	29.2	18.5	39.8
2.0	39.2	4.2	17.0	8.0	30.6	19.0	40.0
2.1	38.7	4.3	15.3	8.5	31.7	19.5	40.1
2.2	38.1	4.4	13.8	9.0	32.7	20.0	40.25

10. Étude de D_0 , h_0 , A' , B' , C' comme fonctions de ξ , et comme fonctions de ψ_0 , pour $C < 0$.

Dans le cas $C < 0$, nous avons, ξ étant l'abscisse du point d'équilibre sur l'axe des R_1 :

$$D_0 = -2\xi^{-3}(\xi + 1)(\xi + 2)$$

$$\frac{dD_0}{d\xi} = \frac{2\xi^2 + 12\xi + 12}{\xi^4}$$

Donc, si ξ croît de zéro à l'infini, D_0 reste négatif et croît de $-\infty$ à zéro.

Voici une table des valeurs de D_0 .

Table des valeurs de D_0 .

ξ	D_0	ξ	D_0	ξ	D_0	ξ	D_0
0.1	-4620	2.3	-2.3337	4.5	-0.78464	9.5	-0.28167
0.2	-660	2.4	-2.1643	4.6	-0.75943	10.0	-0.26400
0.3	-221.48	2.5	-2.0160	4.7	-0.73567	10.5	-0.24835
0.4	-105	2.6	-1.8844	4.8	-0.71326	11.0	-0.23441
0.5	-60	2.7	-1.7670	4.9	-0.69206	11.5	-0.22191
0.6	-38.519	2.8	-1.6818	5.0	-0.67200	12.0	-0.21064
0.7	-26.764	2.9	-1.5671	5.1	-0.65299	12.5	-0.20045
0.8	-19.687	3.0	-1.4815	5.2	-0.63495	13.0	-0.19117
0.9	-15.117	3.1	-1.4038	5.3	-0.61783	13.5	-0.18269
1.0	-12	3.2	-1.3329	5.4	-0.60154	14.0	-0.17492
1.1	-9.7822	3.3	-1.2683	5.5	-0.58603	14.5	-0.16778
1.2	-8.1481	3.4	-1.2090	5.6	-0.57125	15.0	-0.16118
1.3	-6.9095	3.5	-1.1545	5.7	-0.55715	15.5	-0.15508
1.4	-5.9475	3.6	-1.1050	5.8	-0.54369	16.0	-0.14941
1.5	-5.1851	3.7	-1.0578	5.9	-0.53081	16.5	-0.14414
1.6	-4.5702	3.8	-1.0147	6.0	-0.51852	17.0	-0.13922
1.7	-4.0667	3.9	-0.97472	6.5	-0.46427	17.5	-0.13462
1.8	-3.6488	4.0	-0.93750	7.0	-0.41983	18.0	-0.13031
1.9	-3.2979	4.1	-0.90277	7.5	-0.38282	18.5	-0.12627
2.0	-3.0	4.2	-0.87031	8.0	-0.35156	19.0	-0.12227
2.1	-2.7449	4.3	-0.83993	8.5	-0.32484	19.5	-0.11888
2.2	-2.5245	4.4	-0.81142	9.0	-0.30178	20.0	-0.11550

En rappelant les valeurs de D correspondant aux points d'équilibre en dehors de l'axe des R_1 nous avons donc:

pour $-\infty < D < -12$, un point d'équilibre sur l'axe des R_1 et deux autres situés symétriquement par rapport à cet axe;

pour $-12 < D < 0$, un seul point d'équilibre sur l'axe des R_1 ; et

pour $D \geq 0$ nous n'avons pas de points d'équilibre.

Considérons maintenant h_0 . On a

$$h_0 = -\frac{\xi^2 + 4\xi + 3}{\xi^4}$$

d'où

$$\frac{dh_0}{d\xi} = -\frac{2\xi^2 + 12\xi + 12}{\xi^5}$$

Donc, si ξ croît de zéro à l'infini, h_0 est négatif et croît de $-\infty$ à zéro.

Voici une table des valeurs de h_0 :

Table des valeurs de h_0 .

ξ	h_0	ξ	h_0	ξ	h_0	ξ	h_0
0.1	-34100	2.3	-0.62508	4.5	-0.10059	9.5	-0.016114
0.2	-2400	2.4	-0.55338	4.6	-0.095056	10.0	-0.014300
0.3	-529.63	2.5	-0.49280	4.7	-0.089944	10.5	-0.012772
0.4	-185.94	2.6	-0.44117	4.8	-0.085223	11.0	-0.011474
0.5	-84	2.7	-0.39684	4.9	-0.080854	11.5	-0.010363
0.6	-44.441	2.8	-0.35857	5.0	-0.076800	12.0	-0.009404
0.7	-26.197	2.9	-0.32533	5.1	-0.073036	12.5	-0.008571
0.8	-16.699	3.0	-0.29630	5.2	-0.069533	13.0	-0.007843
0.9	-11.294	3.1	-0.27081	5.3	-0.066270	13.5	-0.007203
1.0	-8	3.2	-0.24817	5.4	-0.063225	14.0	-0.006638
1.1	-5.8807	3.3	-0.22843	5.5	-0.060326	14.5	-0.006136
1.2	-4.4560	3.4	-0.21072	5.6	-0.057715	15.0	-0.005689
1.3	-3.4628	3.5	-0.19461	5.7	-0.055220	15.5	-0.005289
1.4	-2.7488	3.6	-0.18075	5.8	-0.052878	16.0	-0.004929
1.5	-2.2222	3.7	-0.16802	5.9	-0.050679	16.5	-0.004604
1.6	-1.8249	3.8	-0.15653	6.0	-0.048604	17.0	-0.004310
1.7	-1.5194	3.9	-0.14614	6.5	-0.039914	17.5	-0.004044
1.8	-1.2803	4.0	-0.13672	7.0	-0.033303	18.0	-0.003801
1.9	-1.0904	4.1	-0.12814	7.5	-0.028207	18.5	-0.003579
2.0	-0.93750	4.2	-0.12032	8.0	-0.024170	19.0	-0.003376
2.1	-0.81294	4.3	-0.11317	8.5	-0.020928	19.5	-0.003190
2.2	-0.71033	4.4	-0.10661	9.0	-0.018290	20.0	-0.003019

Vient ensuite, pour les points d'équilibre sur l'axe des R_1

$$A' = -\frac{\xi^2 + 6\xi + 6}{\xi^6}$$

d'où

$$\frac{dA'}{d\xi} = -\frac{4\xi^2 + 30\xi + 30}{\xi^7}$$

Donc, si ξ croît de zéro à l'infini, A' est négatif et croît de $-\infty$ à zéro.

Voici une table des valeurs de A' :

Table des valeurs de A' .

ξ	A'	ξ	$10^5 A'$	ξ	$10^7 A'$	ξ	$10^8 A'$
0.1	-6610000	2.3	-16948	4.5	-64129	9.5	-20850
0.2	-113125	2.4	-13690	4.6	-54633	10.0	-16600
0.3	-10823	2.5	-11162	4.7	-52210	10.5	-13380
0.4	-2089.8	2.6	-9180.1	4.8	-47291	11.0	-10894
0.5	-592	2.7	-7611.4	4.9	-42923	11.5	-8960.0
0.6	-213.48	2.8	-6363.9	5.0	-39040	12.0	-7434.8
0.7	-90.863	2.9	-5347.3	5.1	-35581	12.5	-6219.3
0.8	-43.640	3.0	-4527.6	5.2	-32493	13.0	-5241.7
0.9	-22.975	3.1	-3855.5	5.3	-29728	13.5	-4541.2
1.0	-13	3.2	-3299.5	5.4	-27248	14.0	-3798.4
1.1	-7.7954	3.3	-2839.8	5.5	-25017	14.5	-3263.0
1.2	-4.9029	3.4	-2456.0	5.6	-23008	15.0	-2818.1
1.3	-3.2092	3.5	-2135.2	5.7	-21195	15.5	-2446.3
1.4	-2.1728	3.6	-1863.2	5.8	-19554	16.0	-2134.0
1.5	-1.5144	3.7	-1632.7	5.9	-18068	16.5	-1869.6
1.6	-1.0824	3.8	-1436.0	6.0	-16718	17.0	-1644.8
1.7	-0.79088	3.9	-1267.8	6.5	-11568	17.5	-1452.9
1.8	-0.58920	4.0	-1123.0	7.0	-8245	18.0	-1287.7
1.9	-0.44659	4.1	-998.03	7.5	-6026	18.5	-1145.4
2.0	-0.34375	4.2	-889.72	8.0	-4501	19.0	-1022.6
2.1	-0.26830	4.3	-795.49	8.5	-3427	19.5	-915.4
2.2	-0.21203	4.4	-713.25	9.0	-4063	20.0	-821.6

Quant à

$$C' = \frac{1 - \xi^2}{\xi^6}$$

c'est la même fonction que dans le cas $C > 0$. Donc pour ξ positif et très petit, C' sera *positif* et très grand.

Quand ξ croît, C' décroît vers zéro, qu'il atteigne pour $\xi = 1$, et devient ensuite négatif. Pour $\xi = \frac{1}{2} \sqrt{6} = 1.225 \dots$, C' atteint son minimum $-\frac{4}{27}$, et si ξ croît vers l'infini, C' croît vers zéro, en restant toujours négatif.

Considérons maintenant le rapport $\frac{A'}{C'}$. On aura :

$$\frac{A'}{C'} = \frac{\xi^2 + 6\xi + 6}{\xi^2 - 1}$$

ce qui donne

$$\frac{d}{d\xi} \left(\frac{A'}{C'} \right) = - \frac{6\xi^2 + 14\xi + 6}{(\xi^2 - 1)^2}$$

Donc, pour ξ positif et très petit, $\frac{A'}{C'}$ est négatif et très près de -6 . Quand ξ croît, $\frac{A'}{C'}$ décroît vers $-\infty$, qui sera la limite, si ξ tend vers 1. Si $\xi > 1$ et très peu différent de 1, $\frac{A'}{C'}$ est positif et très grand; quand ξ croît vers l'infini, $\frac{A'}{C'}$ décroît toujours et tend vers la limite 1.

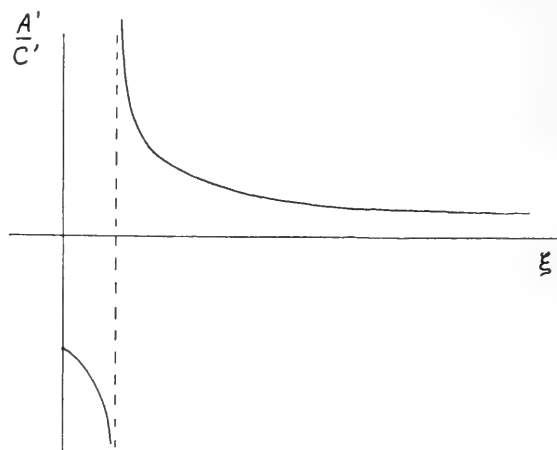


Fig. 15.

On en tire que $\sqrt{\left|\frac{A'}{C'}\right|}$ croît d'abord de $\sqrt{6}$ à l'infini, pour décroître ensuite vers 1 comme limite, quand ξ croît vers l'infini.

Quand à l'angle ω défini par

$$\operatorname{tg} \omega = \sqrt{\left|\frac{A'}{C'}\right|}$$

il varie de la manière suivante:

Dans l'intervalle de $\xi = 0$ à $\xi = 1$, ω croît de 67.79° à 90° .

Dans l'intervalle de $\xi = 1$ à $\xi = \infty$, l'angle ω décroît de 90° à 45° .

Voici une table des valeurs de ω :

Table des valeurs de ω .

ξ	ω	ξ	ω	ξ	ω	ξ	ω
0.1	68.85	2.3	67.5	4.5	58.95	9.5	52.65
0.2	70.0	2.4	66.9	4.6	58.75	10.0	52.3
0.3	71.15	2.5	66.3	4.7	58.55	10.5	52.05
0.4	72.6	2.6	65.7	4.8	58.3	11.0	51.75
0.5	74.1	2.7	65.2	4.9	58.1	11.5	51.5
0.6	75.8	2.8	64.7	5.0	57.9	12.0	51.25
0.7	77.7	2.9	64.2	5.1	57.7	12.5	51.0
0.8	79.9	3.0	63.8	5.2	57.5	13.0	50.8
0.9	82.9	3.1	63.35	5.3	57.3	13.5	50.6
1.0	90	3.2	62.95	5.4	57.15	14.0	50.45
1.1	83.0	3.3	62.6	5.5	57.0	14.5	50.3
1.2	80.2	3.4	62.2	5.6	56.8	15.0	50.1
1.3	78.1	3.5	61.7	5.7	56.65	15.5	50.0
1.4	76.4	3.6	61.5	5.8	56.5	16.0	49.8
1.5	74.9	3.7	61.2	5.9	56.3	16.5	49.7
1.6	73.7	3.8	60.9	6.0	56.2	17.0	49.6
1.7	72.5	3.9	60.6	6.5	55.5	17.5	49.5
1.8	71.5	4.0	60.3	7.0	54.9	18.0	49.35
1.9	70.6	4.1	60.0	7.5	54.3	18.5	49.2
2.0	69.7	4.2	59.7	8.0	53.85	19.0	49.1
2.1	68.95	4.3	59.5	8.5	53.4	19.5	49.0
2.2	68.2	4.4	59.2	9.0	53.0	20.0	48.95

Considérons maintenant les points d'équilibre situés symétriquement par rapport à l'axe des R_1 . Il suffit d'étudier celui qui est au dessus de cet axe. On a

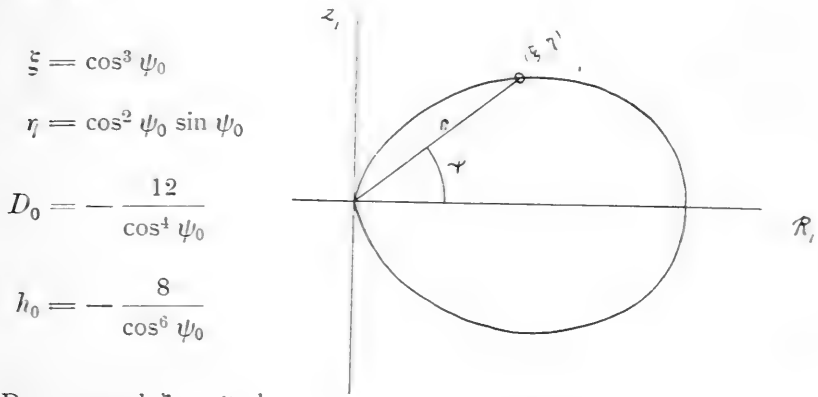


Fig. 13.

Donc, quand ξ croît de zéro à un, le point d'équilibre (ξ, η) parcourt la moitié supérieure de la courbe

$$r_1 = \cos^2 \psi$$

En même temps, D croît de $-\infty$ à -12 et h croît de $-\infty$ à -8 .

Quant à A' , B' et C' nous avons trouvé

$$A' = [-4 + 12 \cos^2 \psi_0 - 21 \cos^4 \psi_0] \cos^{-12} \psi_0$$

$$B' = (12 - 42 \cos^2 \psi_0) \sin \psi_0 \cos^{-11} \psi_0$$

$$C' = -21 \sin^2 \psi_0 \cos^{-10} \psi_0$$

Rappelons qu'au voisinage du point d'équilibre, les lignes de niveau sont

$$A'u^2 + B'uw + C'w^2 = \varepsilon$$

ε étant infiniment petit, et

$$u = R_1 - \xi$$

$$w = z_1 - \eta$$

Comme $B'^2 - 4A'C' < 0$, ces courbes sont des ellipses. Cherchons leurs axes et leur orientation.

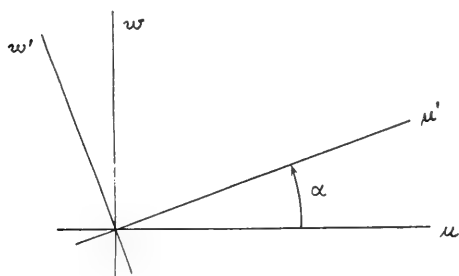


Fig. 14.

Posons

$$u = u' \cos \alpha - w' \sin \alpha$$

$$w = w' \cos \alpha + u' \sin \alpha$$

Alors (u', w') sont les coordonnées du point (u, w) dans un système tourné d'un angle α autour de l'origine, dans la direction $R_1 z_1$

Cela donne

$$A'u^2 + B'uw + C'w^2 = A''u'^2 + B''u'w' + C''w'^2$$

où

$$A'' = A' \cos^2 \alpha + B' \sin \alpha \cos \alpha + C' \sin^2 \alpha$$

$$B'' = -(A' - C') \sin 2\alpha + B' \cos 2\alpha$$

$$C'' = A' \sin^2 \alpha - B' \sin \alpha \cos \alpha + C' \cos^2 \alpha$$

On choisit donc un angle α , de manière que $B'' = 0$, ce qui donne

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{B'}{A' - C'}$$

c'est à dire

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{(12 - 42 \cos^2 \psi_0) \sin \psi_0 \cos \psi_0}{-4 + 33 \cos^2 \psi_0 - 42 \cos^4 \psi_0} \quad (57)$$

ce qui donne

$$\left. \begin{aligned} A'' &= - \frac{4 + 9 \cos^2 \psi_0 + \sqrt{16 - 120 \cos^2 \psi_0 + 273 \cos^4 \psi_0}}{2 \cos^{12} \psi_0} \\ C''' &= - \frac{4 + 9 \cos^2 \psi_0 - \sqrt{16 - 120 \cos^2 \psi_0 + 273 \cos^4 \psi_0}}{2 \cos^{12} \psi_0} \end{aligned} \right\} \quad (58)$$

Considérons d'abord la variation de $\operatorname{tg} 2\alpha$. On peut écrire

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{\sin \psi_0 \cos \psi_0 (\cos^2 \psi_0 - q_2)}{(\cos^2 \psi_0 - q_1)(\cos^2 \psi_0 - q_3)}$$

où

$$q_1 = \frac{33 - \sqrt{417}}{84} = 0.14975 \dots$$

$$q_2 = \frac{2}{7} = 0.28571 \dots$$

$$q_3 = \frac{33 + \sqrt{417}}{84} = 0.63596 \dots$$

Supposons que ψ_0 croisse de 0 à $\frac{\pi}{2}$. Pour $\psi_0 = 0$, $\operatorname{tg} 2\alpha = 0$ et si ψ_0 croît, $\operatorname{tg} 2\alpha$ est d'abord positive. $\operatorname{tg} 2\alpha$ sera infinie pour $\cos^2 \psi_0 = q_3$, à quoi correspond

$$\psi_0 = 37^\circ.11, \quad \xi = \cos^3 \psi_0 = 0.5071 \dots$$

$$\eta = \cos^2 \psi_0 \sin \psi_0 = 0.3837 \dots$$

Si ψ_0 croît d'avantage, $\operatorname{tg} 2\alpha$ sera négative et croîtra vers zéro qu'elle atteigne pour $\cos^2 \psi_0 = q_2$, à quoi correspond

$$\psi_0 = 57^\circ.70, \quad \xi = 0.1527 \dots$$

$$\eta = 0.2415 \dots$$

Ensuite, $\operatorname{tg} 2\alpha$ sera positive et tendra vers l'infini quand $\cos^2 \psi_0$ tend vers la valeur q_1 , à laquelle correspond

$$\psi_0 = 67^\circ.24, \quad \xi = 0.0580 \dots$$

$$\eta = 0.1381 \dots$$

Si ψ_0 croît de $67^\circ.24$ à 90° , $\operatorname{tg} 2\alpha$ reste négative et atteint la valeur zéro quand $\psi_0 = 90^\circ$.

Donc, en suivant l'angle 2α et l'angle α par continuité, on aura les valeurs correspondantes:

ψ_0	ξ	η	$\operatorname{tg} 2 \alpha$	2α	α	$D = -\frac{12}{\cos^4 \psi_0}$
0	1	0	0	0	0	- 12
37.11	0.5071...	0.3837...	∞	90°	45°	- 29.67...
57.70	0.1527...	0.2415...	0	180°	90°	- 147.0...
67.24	0.0580...	0.1381...	∞	270°	135°	- 535.1...
90	0	0	0	360°	180°	- ∞

Les positions correspondantes du système $u'w'$ le long de la courbe, sur laquelle est situé le point d'équilibre, peuvent donc être représentées comme suit:

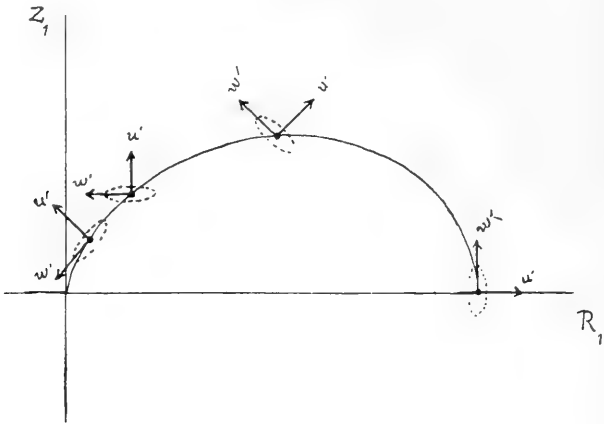


Fig. 15.

Pour mieux voir la variation de α , nous avons calculé le tableau suivant:

ψ_0	α	ψ_0	α	ψ_0	α	ψ_0	α
0	0	25	29.35	50	66.54	75	155.37
5	5.77	30	35.60	55	82.44	80	164.45
10	11.57	35	42.12	60	100.89	85	172.44
15	17.41	40	49.12	65	126.26	90	180
20	23.33	45	56.98	70	143.71		

Considérons maintenant le rapport $\frac{A''}{C''}$. On a

$$\frac{A''}{C''} = \frac{U + \sqrt{V}}{U - \sqrt{V}}$$

où

$$U = 4 + 9 \cos^2 \psi_0$$
$$V = 16 - 120 \cos^2 \psi_0 + 273 \cos^4 \psi_0$$

Cela donne

$$\frac{d}{d\psi_0} \left(\frac{A''}{C''} \right) = \frac{UV' - 2U'V}{\sqrt{V'}(U - \sqrt{V'})^2} \cdot \frac{384 \cos \psi_0 \sin \psi_0 + 17 \cos^2 \psi_0}{\sqrt{V'} \cdot (U - \sqrt{V'})^2}.$$

La valeur annulant la dérivée sera

$$\cos \psi_0 = \sqrt{\frac{4}{17}} = 0.48507 \dots$$

à laquelle correspond

$$\psi_0 = 60^\circ.98 \dots$$

et

$$\xi = 0.11413 \dots \quad D = -216.75$$

$$\eta = 0.20576 \dots \quad \frac{A''}{C''} = 1.7676 \dots$$

Donc, si ψ_0 croît de zéro à 90° , $\frac{A''}{C''}$ décroît d'abord de l'infini à un minimum $1.7676 \dots$, pour croître ensuite vers l'infini.

Si l'on pose

$$\operatorname{tg} \omega = \sqrt{\frac{A''}{C''}}$$

l'angle ω décroît d'abord de 90° à un minimum $53^\circ.05$ pour $\psi_0 = 60^\circ.98$ et croît ensuite vers 90° .

Voici une table des valeurs de ξ , η , D , h , A'' , C'' et ω :

Table des valeurs de ξ , η , D , h , A'' , C'' , ω .

ψ	ξ	η	D	h	A''	C''	ω
0	1.00000	0	-12	-8	-13.000	0	90
5	0.98863	0.08650	-12.184	-8.1851	-13.508	-0.02913	87.34
10	0.95511	0.16841	-12.758	-8.7696	-15.162	-0.13364	84.64
15	0.90122	0.24148	-13.785	-9.8498	-18.419	-0.37423	81.89
20	0.82977	0.30201	-15.390	-11.619	-24.294	-0.90826	79.06
25	0.74349	0.34714	-17.786	-14.436	-34.959	-2.1354	76.12
30	0.64952	0.37500	-21.333	-18.963	-55.276	-5.1258	73.06
35	0.54966	0.38488	-26.664	-26.479	-96.847	-13.131	69.79
40	0.44953	0.37720	-34.847	-39.588	-190.65	-36.635	66.33
45	0.35355	0.35355	-48.000	-64.000	-429.58	-114.42	62.70
50	0.26558	0.31651	-70.293	-113.42	-1136.4	-413.02	58.91
55	0.18870	0.26949	-110.87	-224.67	-3716.8	-1773.8	55.36
60	0.12500	0.21651	-192.00	-512.00	-16384	-9216.0	53.13
65	0.07548	0.16188	-376.17	-1404.1	-1,1425 · 10 ⁵	-58492	54.41
70	0.04002	0.10992	-876.95	-4997.8	-1,4518 · 10 ⁶	-5,20195 · 10 ⁵	59.15
75	0.01734	0.06471	-2664.2	-26614	-4,22432 · 10 ⁷	-8,69881 · 10 ⁶	65.59
80	0.00524	0.02970	-13198	-291789	-5,20504 · 10 ⁹	-4,77294 · 10 ⁸	73.15
85	0.00066	0.00757	-207968	-18252160	-2,07 · 10 ¹⁵	-4,736 · 10 ¹³	82.32
90	0	0	∞	∞	∞	∞	90

Cette discussion ainsi terminée, étudions la connection entre l'abscisse ξ des points doubles en dehors de l'axe des R_1 et l'abscisse ξ_0 du point double sur cet axe, pour la même valeur de D .

Nous avons

$$\xi = \cos^3 \psi_0$$

$$D = -\frac{12}{\cos^4 \psi_0}$$

$$D = -2 \xi_0^{-1} - 6 \xi_0^{-2} - 4 \xi_0^{-3}$$

ce qui donne

$$6 \cdot \left(\frac{1}{\xi}\right)^{\frac{4}{3}} - \frac{1}{\xi_0} + 3 \left(\frac{1}{\xi_0}\right)^2 + 2 \left(\frac{1}{\xi_0}\right)^3$$

On en tire que

$$8 \left(\frac{1}{\xi}\right)^{\frac{7}{3}} \cdot \frac{d\xi}{d\xi_0} = \left(\frac{1}{\xi_0}\right)^2 + 6 \left(\frac{1}{\xi_0}\right)^3 + 6 \left(\frac{1}{\xi_0}\right)^4$$

Donc ξ croît avec ξ_0 , quand ξ_0 croît de zéro à 1.

D'autre part, pour ξ_0 infiniment petit, on aura

$$\xi = 3^{\frac{3}{4}} \cdot \xi_0^{\frac{9}{4}} + \dots$$

et l'ordonnée correspondante sera

$$\eta = \sqrt[3]{3} \cdot \xi_0^{\frac{3}{4}} + \dots$$

Donc ce point double s'approche de l'origine bien plus vite que le point double sur l'axe des R_1 , quand ce dernier tend vers l'origine.

Voici une table des valeurs correspondantes de ξ , η et ξ_0 :

Table des valeurs de ξ , η et ξ_0 .

ξ_0	ξ	η
0.1	0.01151	0.04966
0.2	0.04951	0.12542
0.3	0.11230	0.20388
0.4	0.19656	0.27505
0.5	0.29908	0.33265
0.6	0.41701	0.37101
0.7	0.54794	0.38488
0.8	0.68985	0.36559
0.9	0.84099	0.29423
1.0	1	0

11. **Caractère des lignes de niveau au voisinage des points d'équilibre. Direction de la force à composants** $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1}$ **et** $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1}$.

D'après cette discussion des points d'équilibre, il sera important d'étudier la configuration des lignes de niveau au voisinage de ces points et d'en déduire la direction de la force ayant pour composants parallèles aux axes des R_1 et des z_1 les expressions $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1}$ et $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1}$.

En effet, cela est essentiel pour l'étude des courbes intégrales du système

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \\ \left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 &= Q_1 + h \end{aligned} \right\} \quad (A)$$

au voisinage de ces points d'équilibre et pour l'étude des trajectoires correspondantes dans l'espace obtenues en y joignant l'équation (B)

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = U$$

Par exemple la question de la stabilité du mouvement aux environs des trajectoires circulaires peut ainsi être résolue.

Soit D_0 une valeur de D , pour laquelle il existe un point d'équilibre (ξ, η) , et soit h_0 la valeur de h appartenant à la ligne de niveau passant par ce point.

Les trajectoires du système

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \\ \left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 &= Q_1 + h_0 \end{aligned} \right\} \quad (D = D_0) \quad (A')$$

ne peuvent sortir de la région du plan méridien, où

$$Q_1 + h_0 \geq 0,$$

région qui est précisément limitée par la ligne de niveau $Q_1 = -h_0$, passant par le point double, et décrite par les lignes de niveau $Q_1 = a$, quand a croît de $-h_0$ à $+\infty$. La force dont les projections sur les axes sont $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1}$ et $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1}$ sera, comme nous nous le rappelons, dirigée vers les Q_1 croissants.

Si nous considérons le système

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1} \\ \frac{d^2 z_1}{d\tau^2} &= \frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1} \\ \left(\frac{dR_1}{d\tau} \right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau} \right)^2 &= Q_1 + h_0 + \varepsilon \end{aligned} \right\} \quad (D = D_0) \quad (A'')$$

où ε est positif et infiniment petit, les trajectoires ne peuvent sortir de la région

$$Q_1 + h_0 + \varepsilon \geq 0$$

limitée par la ligne de niveau $Q_1 = -h_0 - \varepsilon$, et décrite par les lignes de niveau $Q_1 = a$, quand a croît de $-h_0 - \varepsilon$ à $+\infty$. Cette région contient donc la ligne de niveau $Q_1 = -h_0$ et le point d'équilibre (ξ, η) à son intérieur. Le mouvement sera stable, si, pour ε assez petit, cette région est limitée par une courbe fermée.

Cela posé, nous appliquons le développement de la fonction $Q_1 + h_0$ autour du point d'équilibre

$$Q_1 + h_0 = A'u^2 + B'uw + C'w^2 + \dots$$

où $u = R_1 - \xi$, $w = z_1 - \eta$. Si A' , B' et C' ne sont pas nuls tous les trois à la fois, les lignes de niveau $Q_1 = a$, où a est assez près de $-h_0$, auront la même forme que les sections coniques

$$A'u^2 + B'uw + C'w^2 = h_0 + a \quad (A''')$$

Ici la région, autour du point d'équilibre, d'où les trajectoires ne peuvent sortir, sera obtenue, pour le système (A'), par la croissance de $h_0 + a$ de la valeur zéro à une valeur positive δ très petite, pour le système (A''), par la croissance de $h_0 + a$ de la valeur $-\varepsilon$, à la valeur δ . La valeur $h_0 + a = 0$ correspond à la ligne de niveau passant par (ξ, η) .

La force à composantes $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial R_1}$ et $\frac{1}{2} \frac{\partial Q_1}{\partial z_1}$ sera dirigée vers les $h_0 + a$ croissants.

Il sera utile de considérer les cas qui peuvent se présenter dans la discussion.

I. Points d'équilibre (ξ, η) sur l'axe des R_1 .

Alors $B' = 0$, et l'on peut avoir les cas suivants, illustrés par des figures, où la direction de la force et les lignes de niveau sont données, celles correspondant à $-\varepsilon < h_0 + a < 0$ étant pointillées :

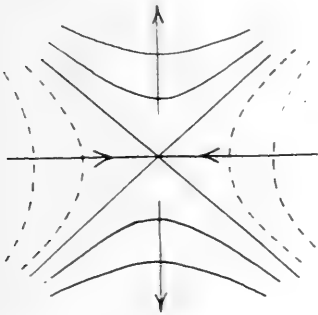


Fig. 16.
 $A' < 0, C' > 0$

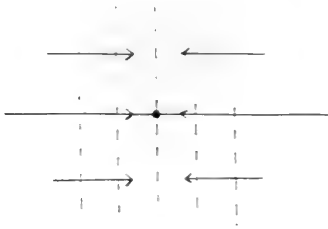


Fig. 17.
 $A' < 0, C' = 0$

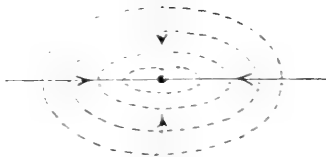


Fig. 18.
 $A' < 0, C' < 0$

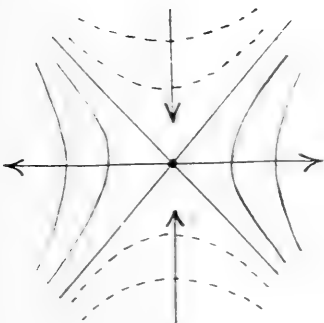


Fig. 19.
 $A' > 0, C' < 0$

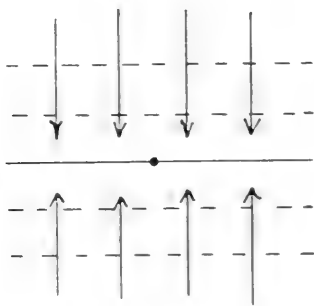


Fig. 20.
 $A' = 0, C' < 0$

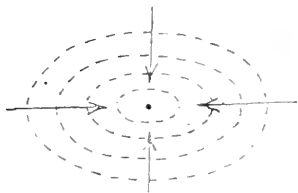
II. Points d'équilibre en dehors de l'axe des R_1 .

Fig. 21.

Dans ce cas nous pouvons, d'après ce qui précède, tourner le système des coordonnées de manière que l'équation (A'') devienne

$$A''u'^2 + C''u'^2 = h_0 + a$$

et ici A'' et C'' sont négatifs. Donc on aura la configuration suivante, tournée d'un certain angle par rapport à l'axe des R_1 .

Quant à la stabilité, elle est sûre si $A' < 0$ et $C' < 0$. Au contraire, on aura instabilité, si A' et C' ont des signes opposés. Les cas où A' ou C' est nul doivent être étudiés séparément. Dans le cas $A'' < 0$, $C'' < 0$, on aura aussi stabilité.

D'après ces remarques, on n'aura qu'à résumer les résultats des paragraphes précédents pour obtenir l'aperçu suivant des cas qui peuvent se présenter, quand $C > 0$, $C = 0$ et $C < 0$, D variant de $-\infty$ à $+\infty$; le mouvement du point double, avec D croissant, est indiqué par une flèche au-dessous.

Premier cas $C > 0$.

$$1^0. \quad D < -\sqrt[3]{9}.$$

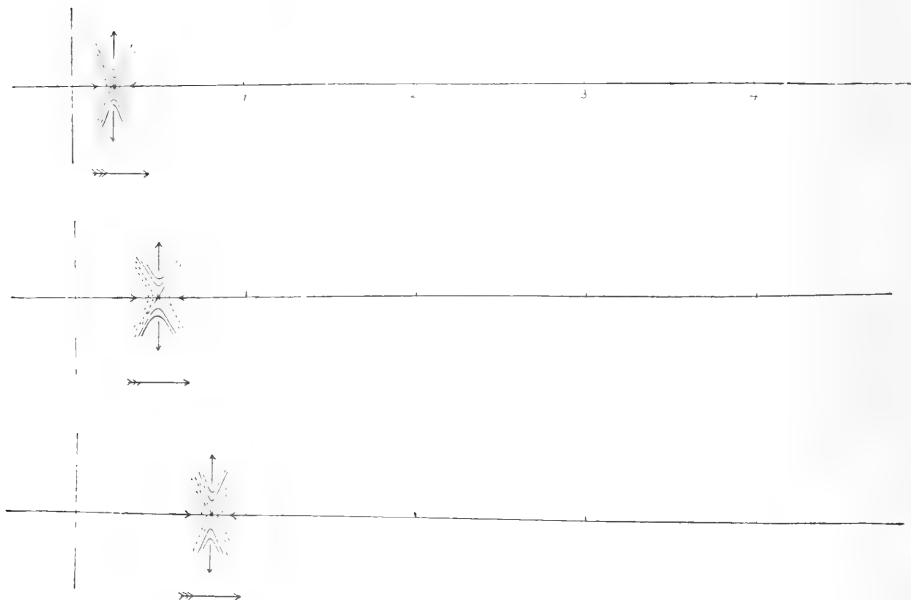


Fig. 22.

2°. $D = -\frac{13}{9}$.



Fig. 23.

3°. $-\frac{\sqrt{3}}{9} < D < 0$.

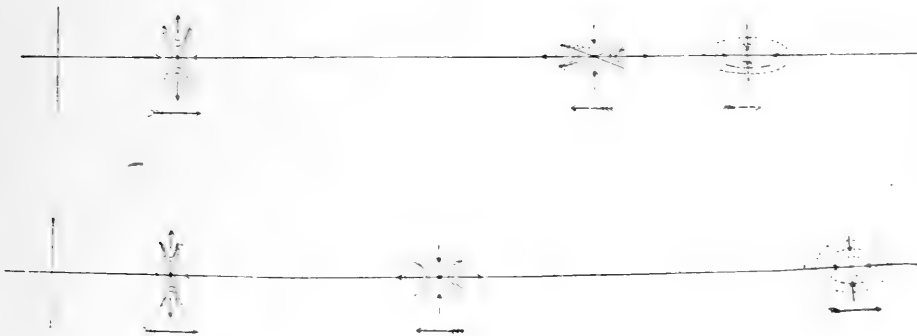


Fig. 24.

4°. $D = 0$.



Fig. 25.

$$5^0. \quad 0 < D < \frac{\sqrt{3}}{9}.$$

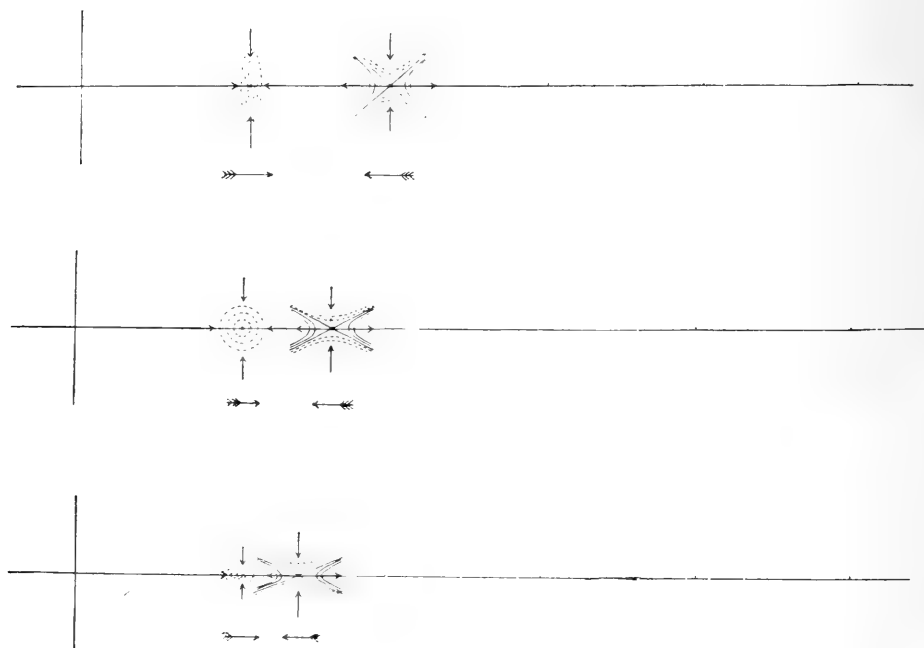


Fig. 26.

$$6^0. \quad D = \frac{\sqrt{3}}{9}.$$



Fig. 27.

$$7^0. \quad D > \frac{\sqrt{3}}{9}.$$

Pas de point d'équilibre.

Second cas $C < 0$.

8°. $D < -12$.



Fig. 28

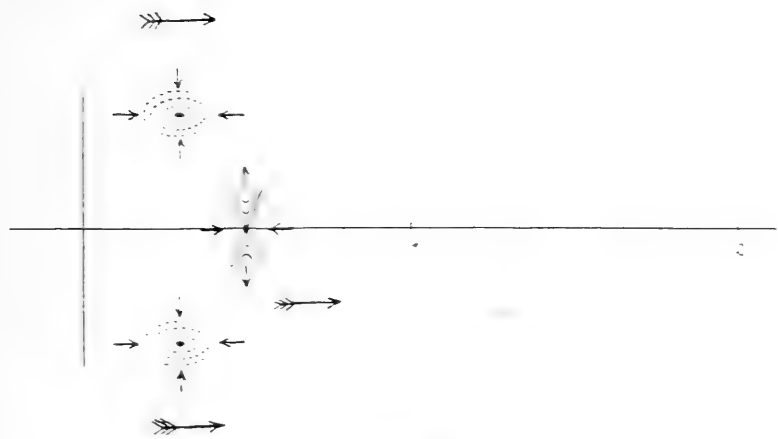


Fig. 29



Fig. 30.

$$9^0. \quad D = -12.$$

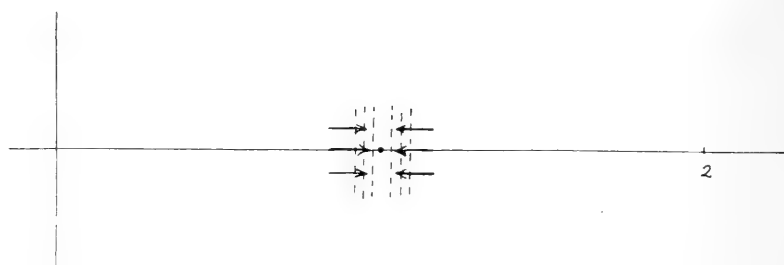


Fig. 31.

$$10^0. \quad D > -12.$$

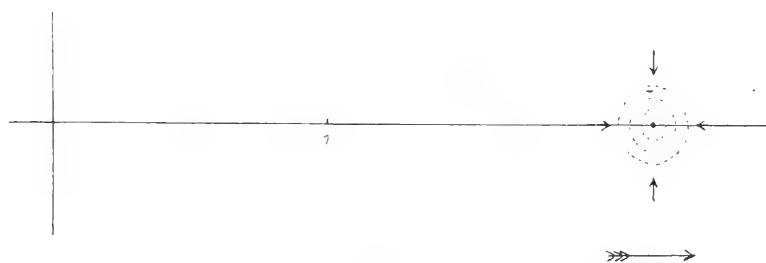
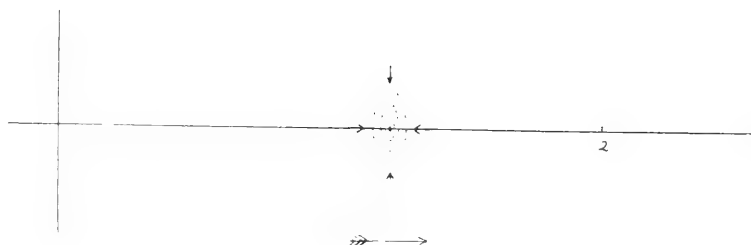


Fig. 32.

$$11^0. \quad D \geq 0.$$

Pas de point d'équilibre.

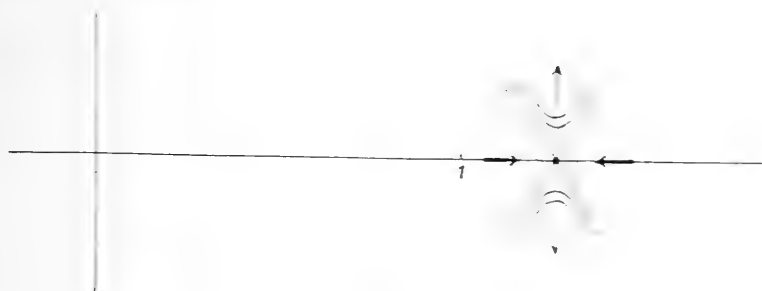
Troisième cas $C = 0$.12°. bm négatif.

Fig. 33.

13°. bm positif.

Pas de point d'équilibre.

Résumons les résultats relatifs à la stabilité du mouvement dans l'espace, aux environs des trajectoires circulaires¹:

$$C > 0, \quad \left. \begin{array}{l} 1 < \xi < 3 - \sqrt{3} \\ \xi > 3 + \sqrt{3} \end{array} \right\} \text{ stabilité}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0 < \xi < 1 \quad (A' < 0) \\ 3 - \sqrt{3} < \xi < 3 + \sqrt{3} \quad (A' > 0) \end{array} \right\} \text{ instabilité}$$

$$C < 0, \quad \xi > 1 \quad \text{stabilité}$$

$$0 < \xi < 1 \quad (A' < 0) \quad \text{instabilité}$$

Enfin stabilité pour les cercles en dehors du plan $z = 0$.

$$C = 0, \quad bm < 0 \quad (A' < 0) \quad \text{instabilité}$$

¹ Voir mes notes dans les Comptes Rendus des 10 et 17 février 1913.

12. Construction graphique des lignes de niveau ¹.

Nous allons voir comment les lignes de niveau peuvent être facilement construites par des procédés connus d'addition et de soustraction graphique.

Considérons d'abord le cas $C > 0$.

Supposons qu'on ait dessiné une série de courbes

$$\left(\frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3}\right)^2 = \mu$$

μ ayant une série de valeurs équidistantes. Chacune de ces courbes peut-être facilement calculée par les formules

$$R_1 = \frac{1}{2\sqrt{\mu}} + \sqrt{\frac{1}{4\mu} - \frac{\cos^3 \psi}{\sqrt{\mu}}}$$

$$z_1 = R_1 \operatorname{tg} \psi$$

où les racines carrées ont des signes rendant R_1 positif.

De la même manière dessinons la série de courbes

$$\frac{D}{r_1} = \lambda$$

λ ayant aussi une série de valeurs équidistantes, avec même intervalle que les μ . Ces courbes sont des cercles.

Alors les lignes de niveau $Q_1 = a$ sont des lignes diagonales de ces deux réseaux. En effet, considérons deux séries de ces courbes correspondant à

$$\begin{array}{ll} \lambda = \lambda_1 & \text{et} \quad \mu = \mu_1 \\ \lambda = \lambda_1 - \Delta & \mu = \mu_1 + \Delta \\ \lambda = \lambda_1 - 2\Delta & \mu = \mu_1 + 2\Delta \\ \vdots & \vdots \end{array}$$

¹ Voir mes Notes dans les Comptes Rendus des 10 et 17 février 1913.

où $\lambda_1 + \mu_1 = -a$:

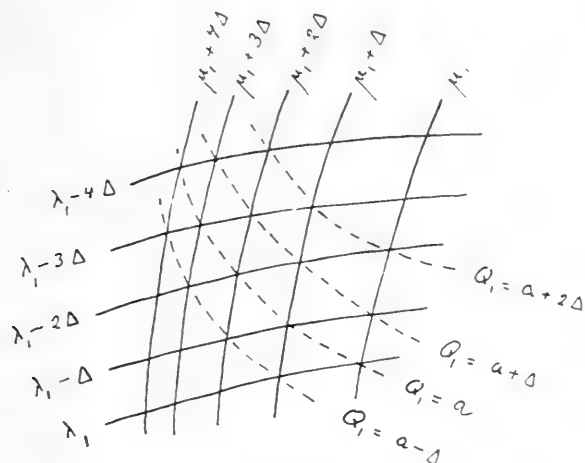


Fig. 34.

Dans le point d'intersection des courbes :

$$\frac{D}{r_1} = \lambda_1 - \mu \mathcal{J}$$

et

$$\left(\frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3} \right)^2 = \mu_1 - \mu \mathcal{J}$$

on a

$$\frac{D}{r_1} + \left(\frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3} \right)^2 = \lambda_1 + \mu_1$$

c'est à dire

$$Q_1 = a$$

On obtient ainsi comme lignes diagonales des lignes de niveau, où la constante du second membre a une série de valeurs équidistantes, à intervalle \mathcal{J} .

Vient ensuite le cas $C < 0$.

La première série de courbes sera alors

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3} \right)^2 = \mu$$

c'est à dire

$$R_1 = \frac{1}{2\sqrt{\mu}} + \sqrt{\frac{1}{4\mu} + \frac{\cos^2 \psi}{\mu}}$$

$$z_1 = R_1 \operatorname{tg} \psi$$

et la seconde sera constituée par les cercles

$$r_1 = \frac{D}{\lambda}$$

Enfin, dans le dernier cas $C = 0$, on aura les séries de courbes

$$\frac{R_1^2}{r_1^6} = \mu$$

et

$$r_1 = \frac{1}{\lambda}$$

La construction des lignes de niveau $Q_1 = a$ à l'aide de cette méthode est très facile; les figures, dans ma Note du 17 février, sont faites de cette manière.

Dans une quatrième communication, nous allons discuter en détail les lignes de niveau et donner une série de figures représentant les espaces si remarquables en dehors desquels les trajectoires correspondantes ne peuvent sortir.

=====

UNDERSØKELSER OVER KRÆFTSYGDOMMENE I NORGE

PAA GRUNDLAG AV
DEN OFFICIELLE MORTALITETSSTATISTIK 1902—1911
SAMT DET AV DEN NORSKE KOMITÉ FOR KRÆFTFORSKNING
SAMLEDE MATERIALE 1908—1912

VED
F. G. GADE

MED 2 KARTER OG 4 KURVER

(VIDENSKAPSELSKAPETS SKRIFTER. I. MAT-NATURV. KLASSE 1916. No. 7)

KRISTIANIA
I KOMMISSION HOS JACOB DYBWAD

1916

Fremlagt i den mat.-naturv. klasses møte den 2den juni 1916.

Indhold.

	Side
<i>Indledning</i>	1
I. <i>Kræftdødeligheten i Norge 1902—1911</i>	6
Kræftdødelighetens stigning	7
„Kræfttallet“	10
Kræftdødsfaldenes fordeling i Norges amter, lægedistrikter og byer	10
Byerne	18
Aarlige vekslinger i kræftdødeligheten	20
Sarkomernes geografiske fordeling	22
Kræftdødsfaldenes fordeling efter organer og kjø.	23
Alder	25
„Alderstallet“	26
Forholdet mellem kræfttal og alderstal	29
Sammendrag	31
II. <i>Kræftsygdommene i Norge efter Den norske Kræftkomité's materiale 1908—1912</i>	33
Kræftens fordeling paa kjø	33
— — — og angrepne organer	34
A. Carcinomer	34
— paa organer, kjø og aldersklasser	35
1. Cutis	36
2. Labium	36
3. Cavitas oris	37
4. Oesophagus	38
5. Ventriculus	38
6. Tractus intestinalis	39
7. Hepar	39
8. Pancreas	40
9. Tractus respiratorius, pulmo	41
10. Ren, viæ urinariæ	41
11. Genitalia externa	41
12a. — interna masculina	42
12b. — — feminalia	42
13. Mamma	43
14. Glandulæ diversæ	43
15. Localisatio incerta	44
16. Sammenstilling av carcinomernes fordeling efter organer, kjø og alder	44
Carcinomer hos unge individer	45
B. Sarkomer	48
Multiple maligne svulster	52
Den geografiske fordeling av forskjellige kræftlokalisationer	53
Carcinomernes fordeling efter livsstilling	60

	Side
Etiologi	65
Slægts-, bolig- og naboforhold	65
Ytre foranledninger	71
Sammendrag	75
III. <i>Lokalberetninger om kræftsygdommenes optræden i enkelte dele av landet</i>	77
Ullensaker	78
Smaalensbyerne	79
Gol og Hemsedal	80
Etnedalen	81
Tvedestrand	83
Kristiansand og Mandal	88
Vik (i Sogn)	90
Meldalen	92
Levanger og Namsos	94
Trolldvik	95
Maalselven	97
Vadsø	97
Karløy	98
Syd-Varanger	99
Sammendrag	101
Slutning	102

Indledning.

De ondartede svulsters forekomst og utbredning gjennom hele Norge har tidligere været gjenstand for undersøkelser av dr. F. KLÆR¹ (for aarene 1853—1865) og av dr. M. GEIRSVOLD² for 1866—1901.

Undersøkelser over disse sykdommes optræden i begrænsede dele av landet er offentliggjort av dr. HVOSLEF (Lier)³, dr. MUNCH SØEGAARD (Norheimsund-Vikør)⁴ og dr. GARMAN ANDERSEN (Indre Hardanger)⁵.

GEIRSVOLDS arbeide er vistnok det første utslag her til lands for den voksende interesse for kræftsykdommene som mot forrige aarhundredskifte overalt begyndte at gjøre sig gjældende. Nu var det disse sykdomme som var kommen for tur, efter at infektionssykdommene med saa stor fremgang var bleven utforsket gjennom bakteriologien.

Efter forslag av stadsfysikus M. GEIRSVOLD i Medicinsk Revue besluttede 12te almindelige lægemøte i Kristiania 1907 at nedsætte den *Norske komité for kræftforskning*, og overdrog til lægeforeningens bestyrelse at opnævne dennes medlemmer.

Opnævnt blev de herrer dr. Kr. C. Andersen (Kristiansand S.), prof. dr. Kr. Brandt (Kr.a), stadsfysikus M. Bockmann (Trondhjem), dr. M. Geirsvold (Kr.a), dr. M. Haaland (London), prof. dr. Fr. Harbitz (Kr.a), dr. A. Hvoslef (Lier), dr. Kr. Jervell (Kr.a), overlæge H. P. Lie (Bergen) og distriktslæge Ivar Lund (Bodo).

Komiteen valgte prof. BRANDT til formand og dr. GEIRSVOLD til sekretær, men da sidstnævnte kort efter utnævntes til stadsfysikus i Bergen, indtraadte fra april 1908 dr. F. G. GADE paa komiteens anmodning som sekretær.

¹ Norsk Magazin for Lægevidenskaben 1870, s. 241.

² Beretning om Sundhestilst. og Medicinalforh. i Norge 1901.

³ Tidsskr. f. d. norske Lægef. 1903, s. 689.

⁴ Medicinsk Revue 1909, s. 305.

⁵ Medicinsk Revue 1911, s. 285.

Kræftkomiteens arbeidsorden.

Da komiteen i 1907 planla sit arbeide, fandt den det indlysende at dens første formaal maatte være at skaffe tilveie det fyldigst mulige materiale til bedømmelse av kræftsygdommenes forekomst i Norge, derunder særlig at rette opmerksomheten mot alle de momenter som kunde gi vink angaaende sygdommens mulige aarsaksforhold, samt belyse en række spøragsmaal sygdommen vedkommende som ikke finder besvarelse ved den officielle mortalitetsstatistik.

Ved medicinaldirektør M. HOLMBOES velvillige medvirken utsendte da Kræftkomiteen til samtlige landets læger følgende spørgeskema:

Skriv tydelig!

Norsk kræftforskning.

(Absolut diskretion vil bli bevaret overfor alle oplysninger af personlig natur).

Lægens { navn: Undersøkel- }
 { adresse: sens datum: }

I. Patientens }
Fulde navn: }
Fødselsaar (og datum):
Fødested (by, herred):
Stilling, erhverv:
Gift, ugift:
Nuværende bopæl:

II. Sygdommens *primære sæde*:
De første symptomer optraadte:
Læge først raadspurgt:
Hvilken behandling er anvendt?
Medicinsk? Kirurgisk? Røntgen? Radium?
(Den anvendte *behandling* understrekes).

III. I tilfælde af *operation*, hvilken?
naar? af hvem?
Mikroskopisk undersøkt?
af hvem?
resultat?

	Navn.	Naar?	Sygd.s sæde
IV. Kræft i pat.s familie? ...			
bolig?			
omgangs-kreds? ...			
nabolag? ..			

V. Mulige *aarsaksforhold*: (Trauma, tidligere sygdom. Fysiologiske, psykiske forhold.)

VI. Pat.s nærmeste familie:

	Navn.	Alder.	Døds-aarsak.
Ægtefælle			
Far			
Mor			
Brødre 1			
2			
3			
4			
5			
Søstre 1			
2			
3			
4			
5			
Børn 1			
2			
3			
4			
5			

VII. Patienten døde den aar

Hvor?

Obduktionsresultat:

Det skal villig indrømmes at tilveiebringelsen av de her ønskede ofte ganske detaljerte og intime opplysninger stiller betydelige krav til lægernes offervillige interesse for saken.

Men komiteen har følt sig overbevist om, at kun en saadan indtrængen i enkeltheterne ved hvert tilfælde vil sætte os her i landet i stand til at yde noget særlig bidrag til løsningen av de mange gaater som kræftsygdommene den dag idag frembyr. Norges sparsomme og spredte, men i det væsentlige stabile befolkning yder her betingelser, en gjennemsigtighet i forholdene som de store landes tætte og ofte skiftende befolkningsmasser savner, mens vort land paa den anden side ikke kan yde synderlige bidrag til løsningen av de spøragsmaal hvor talmængden er av væsentlig betydning.

Av særlig betydning fandt man det at være, at kræftpatienterne paa skemaerne opførtes med fuldt navn, samt at ogsaa vedkommendes hele nærmeste familie blev nævnt ved navn. Herved er der blit skapt kjærnen til et værdifuldt materiale til et fremtidig studium av slægtsforholdets betydning for utviklingen av kræft; endnu er det dog for tidlig til at det kan benyttes, men den alfabetiske seddelkatalog over alle til komiteen meldte kræftpatienters navne vil gjøre det til en let sak i fremtiden at finde frem i det indsamlede materiale.

Ved utgangen av 1912, da komiteens første 5-aarige arbeidsfrist avsluttedes, var der indkommet 4219 skemaer.

Dette tal svarer dog kun til ca. 37 % av de i samme tidsrum indtrufne kræftdødsfald i landet, og da en del læger har medtat meddelelser om kræftpatienter ogsaa fra tidligere aar, tør det til Kræftkomiteen indsendte materiale neppe regnes at omfatte mere end 30 % av de i 5-aaret virkelig forekomne tilfælder.

Det stemmer ogsaa med at kun ca. 25 % av landets læger har deltat i samlerarbeidet. Interessen for spøragsmaalet har været saare ujevnt fordelt utover landet. Medens enkelte landsdele er meget vel repræsenteret i i Kræftkomiteens samling, har denne fra andre egne kun faat saare faa eller slet ingen meldinger. Særlig har passiviteten været fremtrædende i en del av Sør- og Vestlandets distrikter, langs Søndmørs- og Romdalskysten samt i enkelte dele av Trondelagen og i de tre nordligste amter.

Imidlertid har komiteen ogsaa fra adskillige hold i disse egne faat talrike og nøiagtige meddelelser.

Men som følge av denne ujevne deltagelse i arbeidet fra lægernes side egner Kræftkomiteens materiale sig slet ikke til sammenligning hver-

ken angaaende kræftens utbredelse inden de forskjellige landsdele eller angaaende de inden de enkelte dele av landet specielt forekommende kræftformer.

Det første av disse spørsgmaal kan dog til en viss grad besvares gjennom mortalitetsstatistiken, om end ikke med ønskelig detaljering.

Spørsgmaalet om de enkelte kræftformers og kræftlokalisations geografiske fordeling har imidlertid en mangesidig interesse. Og komiteen har derfor søkt at træde spørsgmaalet nærmere ved at paabegynde en gjennomgaaelse av alle dødsanmeldelser fra det hele land for derav at utskille kræftdødsfaldene i samtlige landets egne.

Ved hr. medicinaldirektør HOLMBOES velvilje har komiteen faat adgang til saaledes at behandle aarene 1910 og 1911, et arbeide som vil bli fortsat fremover, indtil man tør gjøre sig haap om av de fremkomne tal at kunne gi et nogenlunde rigtig billede av kræftsygdommenes utbredelse i vort land og de forskjellige kræftlokalisations særlige fordeling i landets forskjellige egne.

Ved siden av denne innsamling av kasuistisk materiale har komiteen, saavel for bedst mulig at sikre dettes paalidelighet som for av praktiske hensyn at støtte diagnoserne i de enkelte tilfælder, skaffet lægerne *adgang til mikroskopisk undersøkelse av kræftsvulster* eller som saadanne ansete nydannelser fjernet ved operation eller uttat ved obduktioner.

Undersøkelserne er i Kristiania utført paa Rikshospitalets path.-anat. laboratorium av en dertil av komiteen særlig engagert assistent under hr. prof. dr. Fr. Harbitz' ledelse; i Bergen av d'hr. dr. H. P. Lie og dr. M. Haaland.

Denne adgang er blit benyttet i stor maalestok. I 5-aaret 1908—1912 er saaledes i Kristiania utført 1688 mikroskopiske undersøkelser, i Bergen omkring 120, tilsammen ca. 1800. Av undersøkelserne i Kristiania viste 465 eller 29 % sig ikke at være kræft.

Til det ovennævnte tal kan føies ca. 100 tilfælder fra Trondhjems sykehus som er bekræftet ved mikroskopisk undersøkelse.

Av de 4219 i den femaarige arbeidsperiode samlede tilfælder er saaledes omkring 1450 eller 34 % mikroskopisk undersøkt, hvilket tør fremhæves som et gunstig forholdstal.

Det kan yderligere omtales, at kræftkomiteen fra flere av lægerne rundt i landet har mottat større samlede meddelelser og undersøkelser av kræftens forekomst og utbredelse i vedkommende læges arbeidsomraade, tildels gjennom længere tidsrum.

Av saadanne lokale undersøkelser kan nævnes den av distriktslæge GARMAN ANDERSEN for Indre Hardanger utførte, i tilslutning til dr. HENRICH SØEGAARDS tilsvarende undersøkelse for Ytre Hardanger.

Desuten en av dr. STIAN ERICHSEN utarbeidet undersøkelse over kræftens forekomst i Tvedestrand og Holt i de sidste 50 aar, samt enkelte andre undersøkelser av lignende art, hvortil senere skal bli tat hensyn.

Som ovenfor nævnt er Kræftkomiteens materiale for utilstrækkelig og for ujevnt fordelt til alene at gi et nogenlunde rigtig billede av kræftsygdommenes forekomst i Norge.

Det har derfor været nødvendig i stor utstrækning at ta den officielle mortalitetsstatistik til hjælp, særlig til belysning av kræftens geografiske utbredning og enkelte andre forhold.

I den hensigt er statistiken for 1902—11 benyttet, idet dette tidsrum baade falder nogenlunde sammen med det, inden hvilket Kræftkomiteens materiale er indsamlet, likesom det nævnte 10-aar direkte fortsætter den av Kiær og Geirsvold til 1901 givne redegjørelse.

Under dette arbeide har jeg maattet gaa adskillig mere i enkeltheterne end den for offentligheden tilgjengelige sundhetsstatistik gir anledning til. For adgangen til at benytte Medicinalkontorets materiale samt for al redebønhjælp forøvrig avlægger jeg herved min erkjendeligste tak til hr. medicinaldirektør M. HOLMBØE og Medicinaldirektoratets personale.

Nærværende undersøkelse vil saaledes falde i to avsnit:

I. *Kræftdødeligheten i Norge 1902—1911* paa grundlag av den officielle mortalitetsstatistik.

II. *Kræftsygdommenes optræden i Norge* belyst ved det av Den norske komité for kræftforskning i aarene 1908—1912 indsamlede materiale.

Dertil kommer som et tillæg

III. *Lokalberetninger om kræftsygdommenes optræden i enkelte dele av landet.*

I. Kræftdødeligheten i Norge 1902—1911.

De geografiske og talmæssige undersøkelser over en sygdoms forekomst og utbredelse, over dens bevægelse gjennom tiderne, over dens fordeling mellem kjøen, alderstrin og samfundslag, — tar, uanset den interesse kjendskapet til disse forhold i og for sig kan fremby, i sin dybeste grund væsentlig sigte paa at kaste lys over sygdommens aarsaksforhold, derigjennem ogsaa til at finde værn og botemidler mot den.

Ogsaa hvor en sygdoms grundaarsak er kjendt, vil slike geografiske og talmæssige undersøkelser ha sin store betydning for at klargjøre de nærmere, ytre, betingelser for sygdommens fremkomst; saaledes som vi ser det ved tuberkulosen.

Men hvor aarsaksforholdene staar saa helt uklare som tilfældet er ved de ondartede svulster, der vil netop de statistiske, sociale og geografiske undersøkelser være de nærmest liggende veië til maalet. Kjendskapet til disse ytre forhold under hvilke sygdommen optrær, kan føre os nærmere mot erkjendelsen av de egentlige, væsentlige sygdomsaarsaker, idet sandsynlighetene, mulighetene for disse indringes paa stadig trangere omraade.

Ut fra dette synspunkt er det at talundersøkelsen faar sin største betydning.

Men man maa ikke vente gjennom tallene alene at kunne naa helt frem til løsningen av et pathologisk, et biologisk spøragsmaal som det om kræftens aarsaksforhold.

I sidste instans er det her den direkte naturundersøkelse som maa gjøre utslaget; og som vil gjøre det, saasnt vi lærer at stille spøragsmaalet ret.

Stiller man sammen de av KLÆR for 1853—66 og av GEIRSVOLD for 1867—1901 givne oversigter over anmeldte dødsfald av kræft med de tilsvarende mortalitetstabeller for 1902—11, vil man finde *en stadig og betydelig økning av de anmeldte kræftdødsfald i disse 59 aar.*

Mens de anmeldte kræftdødsfald i 1853 kun beløp sig til 94, var tallet i 1911 oppe i 2292, det vil sige 24.4 gange saa mange. Samtidig sees

kræftdødeligheten ogsaa at spille en stadig *stigende* rolle i forhold til de øvrige dødsårsaker, fra ca. 2—3 % av den samlede dødelighet i begyndelsen av perioden til omkring 7 % i de senere aar. Og mens kræftdødeligheten efter disse tal kan anslaaes til ca. 2 pr. 10000 levende individer aarlig ved midten av forrige aarhundrede, er den i sidstnævnte 10-aarsperiode naadd op i 9—10 pr. 10000.

De i tabel I opførte tal gir et tydelig billede herav.

Tabel I.

Antal kræftdødsfald i Norge fra 1853—1911 efter F. KLÆR (1853—1866),
M. GEIRSVOLD (1867—1901) og F. G. GADE (1902—1911).

Aar	Av læger anmeldte kræft- dødsfald	% av alle anmeldte dødsfald	Dødsfald av kræft pr. 10 000 levende	Aar	Av læger anmeldte kræft- dødsfald	% av alle anmeldte dødsfald	Dødsfald av kræft pr. 10 000 levende	Kræftk.s beregn.
1853	94	1.8		1883	959	5.8	5.0	
1854	115	4.1		1884	1006	6.1	5.2	
1855	111	3.8		1885	1047	6.2	5.4	
1856	126	3.7		1886	1007	5.8	5.2	
1857	136	3.2		1887	1116	6.4	5.7	
1858	131	3.1		1888	1112	5.9	5.6	
1859	158	2.7		1889	1144	5.9	5.8	
1860	192	2.9		1890	1148	5.8	5.8	
1861	205	2.3		1891	1237	6.5	6.2	
1862	229	2.3		1892	1278	5.9	6.4	
1863	245	2.7		1893	1405	6.4	7.0	
1864	296	3.2		1894	1494	6.2	7.1	
1865	319	3.3	1.9	1895	1464	6.6	7.1	
1866	314	3.4	1.8	1896	1691	7.3	8.1	
1867	308	2.8	1.8	1897	1802	7.5	8.5	
1868	335	2.8	1.9	1898	1802	7.2	8.4	
1869	438	4.0	2.5	1899	1931	6.8	8.9	
1870	471	4.3	2.7	1900	2008	7.2	9.1	
1871	477	3.9	2.7	1901	2126	7.8	9.5	
1872	477	4.0	2.7	1902	2064	6.6	9.2	10.6
1873	610	4.9	3.5	1903	2112	6.3	9.3	11.1
1874	568	4.2	3.2	1904	2182	6.6	9.6	11.3
1875	624	4.3	3.5	1905	2284	6.7	9.8	11.4
1876	625	4.1	3.4	1906	2239	7.0	9.7	11.1
1877	682	4.8	3.4	1907	2310	7.0	10.0	11.6
1878	712	5.1	3.8	1908	2143	6.5	9.2	10.4
1879	794	5.5	4.2	1909	2226	7.0	9.5	10.6
1880	801	5.1	4.2	1910	2186	7.0	9.3	10.5
1881	887	5.3	4.6	1911	2292	7.3	9.7	10.7
1882	892	4.9	4.7					

Imidlertid er dette stigende antal av anmeldte kræftdødsfald paa ingen maate noget rigtig uttryk for kræftsygdommenes virkelige utbredelse i Norge i det nævnte tidsrum.

De anførte tal maa nemlig sees i lys av 1) befolkningens forøkelse i samme tid, 2) det stigende antal læger i landet og det derav følgende bedre kjendskap til dødsårsakerne. Likeledes virker 3) det almindelige videnskabelige fremskridt i medicinen, hvorved kræftdiagnoserne efter-

haanden stilles i flere og flere tilfælder; og endelig har 4) levealderens stigning i vort folk sin betydning — alle momenter som vil drage i retning av at forøke tallet paa de kjendte kræftdødsfald.

Tidligere tiders mortalitetsstatistik vil derfor vise for lave tal, saa meget mere for lave jo ældre de er.

Vi skal undersøke hvilken indflydelse de ovennævnte momenter kan tillægges, ved forsøk paa av de foreliggende tal at danne os en mening om hvorvidt, og i tilfælde hvor meget kræftsygdommene har tiltat i Norge op gjennom tiden.

Av praktiske grunde skal jeg holde mig til de 50 aar 1854—1904, delt i 10-aarsperioder.

Vedfoiede tabel II gir her fornøden oversigt.

Tabel II.

	Befolkning millioner	Antal læger	Anmeldte kræftdødsfald	Kjendte ¹ dødsårsaker i 0/0 av alle dødsfald	Beregnete kræftdødsfald
1854	1.447	315	115	11.9	958
1864	1.658	354	296	38.4	770
1874	1.774	463	568	42.9	1323
1884	1.922	610	1006	52.7	1912
1894	2.030	848	1494	68.3	2188
1904	2.274	1138	2182	86.3	2528

Efter denne tabel er i 50-aaret de anmeldte kræftdødsfald steget fra 115 til 2182, altsaa med 18.9 gange.

Samtidig er folketallet steget fra 1.447 mill. til 2.274 mill. d: 1.6 gange; og forholdet mellem de av lægerne kjendte dødsårsaker til totaldødeligheten fra 11.9 0/0 til 86.3 0/0, altsaa 7.2 gange.

¹ Fortegnelsen over „kjendte dødsårsaker i 0/0 av samtlige dødsfald“ i riket er mig godhetsfuldt meddelt av hr. dr. S. Moe i Medicinaldirektoratet. Den ser i sin helhet saaledes ut. At disse procenttal i tabel II er anvendt ikke for det paalydende, men for det nærmest foregaaende aar, har her ingen væsentlig betydning.

I 1853 kjendte lægerne 11.9 0/0 av alle dødsfald i riket

1860	— —	28.0	— —
1865	— —	38.4	— —
1870	— —	38.5	— —
1875	— —	42.9	— —
1880	— —	50.0	— —
1885	— —	52.7	— —
1890	— —	55.4	— —
1895	— —	68.3	— —
1900	— —	82.7	— —
1905	— —	86.3	— —
1910	— —	88.3	— —

Tar vi hensyn til disse kjendsgjæringer, skulde *den virkelige stigning i kræftdodeligheten i disse 50 aar komme ned til nogenlunde som 1 : 1.66*. Det vil sige at i en befolkningsgruppe som i 1854 hadde 100 dødsfald av kræft, skulde der i 1904 ha været 166 dødsfald.

Noget vil dette tal vistnok ogsaa paavirkes ved de andre ovenfor nævnte momenter, den bedre diagnostiske evne hos lægerne og den stigende gjennomsnittsalder hos befolkningen. Men et talmæssig uttrykk for denne indflydelse kan ikke gives.

Reduktionen er saaledes neppe for stor. Thi det maa være berettiget at anta at kræftsygdommene i mindst samme forhold som de øvrige sygdomme unddrager sig fra lægernes kjendskap, saa det samme tillæg maa gjøres for dem som for gjennomsnittet for at faa de virkelige tal frem.

At i alle fald visse former av kræftsygdommene særlig let unddrager sig opmerksomheten og diagnosen, er vel kjendt.

REICHMANN meddeler saaledes fra Friedrichshains Krankenhaus, Berlin, at av 711 paa sektionsbordet fundne cancere var de 113 $\frac{1}{2}$: 18.42 % ikke klinisk diagnosticerte (ref. av W. A. FREUND, Zeitschr. für Krebsforschung 1905, III).

Og dr. E. H. HANSTEEN, som i flere aar godhetsfuldt har tilstillet Kræftkomiteen liste over de ved Ullevaal sykehuse, Kristiania, utførte sektioner ved hvilke der er paavist maligne svulster, har blandt 376 saadanne i 40 tilfælder $\frac{1}{2}$: 10.6 % kunnet notere den fundne kræft som »tilfældig fund«, hvor altsaa diagnosen ikke var stillet i patientens levende live.

End hyppigere maa i privatpraksis og ut over landet kræft i indre organer kunne oversees og forbli ukjendt, da sektion jo her kun i de færreste tilfælder kan foretages.

I efterfølgende sammenstillinger om kræftdodeligheten i Norge 1902—1911 efter den officielle statistik er beregningerne over forholdet mellem kræftdøde og den levende befolkning overalt utført med tillæg av kvotienten for ukjendte dødsårsaker i vedkommende distrikt, amt eller det hele rike, beregnet gjennomsnitlig for 10-aaret.

*Det saaledes, med tillæg av kvotienten for ukjendte dødsårsaker fundne uttrykk for kræftdodeligheten pr. 10 000 levende, har jeg kaldt **kræfttallet**.*

For at imidlertid de for tidsrummet 1902—11 fundne resultater uten ulempe skal kunne sammenholdes med tidligere arbeider som ikke anvender denne beregning, er i de nedenstaaende lister ogsaa opført de ved direkte opsummering av de anmeldte tilfælder uten tillæg av kvotienten for ukjendte dødsårsaker fundne tal.

I løpet av tiaaret 1902—11 er der i Norge efter lægernes dødsanmeldelser indtruffet 22111 dødsfald av maligne svulster, eller *gjennemsnittlig 2211 dødsfald av carcinom og sarkom aarlig*.

Dette gir 9.5 dødsfald av maligne svulster pr. 10000 levende, ca. 7 0/0 av alle dødsfald.

Med tillæg av kvotienten for ukjendte dødsårsaker, ca. 12.6 0/0, gir dette et dødelighetstal av ca. 2490, eller 10.7 pr. 10 000 levende, hvilket tal saaledes er **kræfttal for hele landet** i perioden.

De maligne svulster er saaledes den tredje største dødelighetsfaktor i landet.

Kun tuberkulosen (5515 dødsfald i 1911) og alderdomssvakhet (4083 dødsfald i 1911) viser større tal. Men det vil erindres, at der under sidstnævnte diagnose skjuler sig et ikke helt ringe antal maligne svulster.

Kræftens fordeling i Norges amter, lægedistrikter og byer.

Saa vel KLÆRS som GEIRSVOLDS undersøkelser har vist at kræftsygdommene optrær med meget vekslende hyppighet i landets forskjellige egne.

Ogsaa for 10-aaret 1902—11 holder dette stik.

Tabel III viser antallet av dødsfald av kræft i hele perioden i landets amter, lægedistrikter og byer; desuten ogsaa forholdet pr. 10000 levende saavel direkte uttrykt ved de av lægerne anmeldte dødsfald, som beregnet med tillæg av kvotient for de av lægerne ukjendte dødsfald, kræfttallet.

Tabel III.

Amt	Lægedistrikt	Folke- mængde 1.12.1910. "Popula- tion"	Antal an- meldte dødsfald av kræft 1902— 1911	Kræft- dødsfald pr. 10000 levende	Av læ- gerne an- meldte dødsfald pr. 100 døde	Beregnet antal kræftdøds- fald pr. 10000. Kræft- tal
1	2	3	4	5	6	7
I	1. Kristiania	242 850	2 349	9.1	95.0	9.5
II	Akershus amt	129 323	1 222	9.5	93.0	10.2
	2. Aker	59 380	453	7.6	96.3	7.9
	3. Ullensaker	35 073	398	11.3	89.9	12.6
	4. Høland	14 860	154	10.4	85.3	12.2
	5. Follo	20 010	217	10.8	90.3	11.9
	Drobak	1 879	26	13.8	70.4	19.6
	Hølen og Soon	715	6	8.4		11.9

Amt	Lægedistrikt	Folke- mængde i 12. 1910. „Population“	Antal an- meldte dødsfald av kræft 1902— 1911	Kræft- dødsfald pr. 10 000 levende	Av læ- gerne an- meldte dødsfald pr. 100 døde	Beregnet antal kræftdøds- fald pr. 10 000. Kræft- tal
I	2	3	4	5	6	7
III	Smaalenenes amt	150 690	1372	9.1	92.4	9.8
	6. Eidsberg	22 531	233	10.3	87.3	11.8
	7. Moss	24 516	273	11.1	95.4	11.9
	Moss	8 572	79	9.3	90.0	10.3
	8. Sarpsborg	71 517	572	8.9	92.3	8.7
	Sarpsborg	10 710	50	4.7	90.0	5.2
	Fredrikstad	15 481	154	9.9	90.0	11.0
	9. Hvaler	32 126	314	9.8	94.0	10.4
	Fredrikshald	12 023	141	11.7	90.0	13.0
IV	Buskeruds amt	123 863	1189	9.6	88.5	10.8
	10. Drammens stadsfysikat	24 937	246	9.8	91.4	10.7
	11. Drammen	17 787	167	9.4	90.4	10.4
	12. Ringerike	19 095	193	10.1	93.9	10.8
	Honefos	2 695	19	7.1	90.3	7.8
	13. Modum	30 787	304	9.9	84.3	11.7
	14. Næs	7 703	66	8.6	86.1	10.0
	15. Aal	5 478	46	8.4	88.9	9.4
	16. Sandsvør	14 047	121	8.6	84.5	10.2
	Kongsberg	6 132	52	8.5	90.3	9.4
	17. Rollag	4 029	46	11.4	89.2	12.8
V	Jarlsberg og Larvik	103 333	1314	12.7	91.8	13.8
	18. Tønsberg	48 236	614	12.7	91.5	13.9
	Tønsberg	9 416	95	10.1		11.0
	Horten	9 609	95	9.9	91.0	10.9
	Aasgaardstrand	322	3	9.3		10.2
	19. Hoff	20 931	255	12.2	90.0	13.5
	Holmestrand	2 299	35	15.2		16.7
	Svelviken	978	23	23.5	91.0	25.8
	20. Larvik	34 166	445	13.0	92.4	14.0
	Larvik	9 548	127	13.3		14.6
	Sandefjord	4 864	61	12.5	91.0	13.7
	Fredriksværn	915				
VI	Hedemarkens amt	133 635	1467	11.0	89.7	12.3
	21. Solør og Odalen	32 563	385	11.8	85.5	13.8
	Kongsvinger	1 624	18	11.1	90.5	12.3
	22. Hedemarken	48 683	550	11.3	91.3	12.4
	Hamar	6 171	39	6.3	90.5	7.0
	23. Søndre Østerdalen	21 759	252	11.1	90.1	12.3
	24. Trysil	7 000	59	8.4	96.8	8.7
	25. Rendalen	10 803	109	10.1	88.8	11.4
	26. Tønset	12 118	113	9.3	97.8	9.5
VII	Kristians amt	118 901	1194	10.0	87.9	11.4
	27. Hadeland og Land	27 206	293	10.8	92.6	11.7
	28. Søndre Valdres	10 313	89	8.6	73.9	11.6
	29. Nordre Valdres	6 632	78	11.7	84.3	12.7
	30. Toten	29 779	292	9.8	91.1	10.8
	Gjøvik	4 059	24	5.9	95.6	6.2
	31. Faaberg	17 554	182	10.3	91.2	11.3
	Lillehammer	3 947	34	8.3	95.6	9.3
	32. Ringeby	11 489	136	11.8	77.6	15.2
	33. Lom	8 655	64	7.5	92.1	8.1
	34. Lesje	7 273	60	8.2	85.0	9.7

Amt	Lægedistrikt	Folke- mængde 1.12.1910. "Popula- tion"	Antal an- meldte dødsfald av kræft 1902— 1911	Kræft- dødsfald pr. 10 000 levende	Av læ- gerne an- meldte dødsfald pr. 100 døde	Beregnet antal kræftdøds- fald pr. 10 000. Kræft- tal
I	2	3	4	5	6	7
VIII	Bratsberg amt	106 791	1054	9.8	88.2	11.2
	35. Skien	40 763	430	10.6	94.4	11.2
	<i>Skien</i>	12 099	92	7.6		8.5
	<i>Porsgrund</i>	4 625	72	15.6	87.0	18.0
	<i>Brevik</i>	2 028	31	15.3		17.6
	36. Kragerø	21 661	264	12.2	85.6	14.2
	<i>Kragerø</i>	4 621	62	13.4		15.3
	<i>Langesund</i>	1 488	23	15.5	87.0	17.9
	<i>Stathelle</i>	463	7	15.0		17.2
	37. Hollen	12 169	121	9.9	82.7	11.9
	38. Sauland	11 339	63	5.5	86.5	6.4
	39. Kviteseid	7 715	80	10.4	93.4	11.1
	40. Laardal	7 454	62	8.3	74.4	11.1
	41. Tinn	5 717	34	5.9	62.8	9.4
IX	Nedenes amt	71 272	790	11.1	94.0	11.8
	42. Østre Nedenes	21 758	243	11.2	90.8	12.3
	<i>Risør</i>	3 409	31	9.1		9.1
	<i>Tvedestrand</i>	1 435	32	22.3	100.0	22.3
	43. Vestre Nedenes	34 686	474	13.6	97.6	13.9
	<i>Arendal</i>	9 750	133	13.6		13.6
	<i>Grimstad</i>	2 116	51	24.1	100.0	24.1
	<i>Lillesand</i>	1 133	16	14.1		14.1
	44. Aamli	5 991	25	4.2	76.5	5.5
	45. Evje	4 453	20	4.5	86.2	5.2
	46. Sætersdalen	4 384	46	10.5	96.5	10.9
X	Lister og Mandals amt	77 237	726	9.4	87.1	10.8
	47. <i>Kristiansand stadsf.</i>	15 408	152	9.9	97.9	10.2
	48. Oddernes	21 986	233	10.6	80.0	13.2
	<i>Mandal</i>	3 268	50	15.3	95.0	16.3
	49. Undal	10 955	122	11.1	83.7	13.3
	50. Lyngdal	6 030	42	7.0	87.8	8.0
	51. Vanse	8 476	80	9.4	93.9	10.0
	<i>Farsund</i>	1 417	9	6.3	95.0	6.3
	52. Flekkefjord	14 382	97	6.7	82.0	8.2
	<i>Flekkefjord</i>	2 201	19	8.6	95.0	9.0
XI	Stavanger amt	137 581	1083	7.9	81.4	9.7
	53. Sogndal	5 296	32	6.0	71.4	8.4
	<i>Sogndal</i>	358	6	16.9	92.6	18.2
	54. Egersund	13 568	92	6.8	86.9	7.8
	<i>Egersund</i>	3 112	19	6.1	92.6	6.6
	55. Sandnes	18 620	127	6.8	84.5	8.0
	<i>Sandnes</i>	2 608	20	7.7	92.6	8.3
	56. <i>Stavanger</i>	36 621	305	8.3	95.4	8.7
	57. Stavanger	10 912	81	7.4	64.3	11.5
	58. Finnø	10 467	68	6.5	58.7	11.1
	59. Sand	8 587	107	12.5	62.8	19.9
	60. Karmøen	13 968	113	8.1	92.6	8.7
	<i>Skudeneshavn</i>	1 129	9	8.1		8.7
	<i>Kopervik</i>	1 427	8	5.6	92.6	6.0
	61. Haugesund	19 542	158	8.0	68.7	11.7
	<i>Haugesund</i>	12 681	90	7.1	92.6	7.7

Amt	Lægedistrikt	Folke- mængde i. 12. 1910. "Popula- tion"	Antal an- meldte dødsfald av kræft 1902— 1911	Kræft- dødsfald pr. 10 000 levende	Av læ- gerne an- meldte dødsfald pr. 100 døde	Beregnet antal kræftdøds- fald pr. 10 000. Kræft- tal
I	2	3	4	5	6	7
XII	Søndre Bergenhus amt	141 613	1157	8.1	83.6	9.7
	Sveio } tilhører	1 782	38	13.5	58.5	23.2
	Vikebygd } Hauges. distr.	1 030				
	62. Indre Søndhordland . .	8 122	100	12.3	94.3	13.0
	63. Ytre Søndhordland . .	11 521	84	7.3	87.8	8.3
	64. Tysnes	9 393	87	9.2	95.5	9.6
	65. Indre Hardanger . . .	11 454	69	6.0	85.8	7.0
	66. Ytre Hardanger . . .	7 816	68	8.7	65.2	13.3
	67. Voss	11 826	113	9.5	82.8	11.7
	68. Søndre Midthordland . .	17 496	131	7.5	93.0	8.1
	69. Nordre Midthordland . .	23 565	156	6.6	91.4	7.2
	70. Osterøy	16 905	182	10.8	74.2	14.5
	71. Alversund	7 634	46	6.0	79.6	7.7
	72. Lindaas	13 069	84	6.4	76.9	8.3
XIII	73. Bergen	75 888	771	10.2	99.5	10.5
XIV	Nordre Bergenhus amt	88 943	817	9.1	83.8	10.9
	74. Lærdal	9 581	72	7.5	66.9	8.6
	75. Lyster	5 222	56	10.7	87.7	11.9
	76. Sogndal	5 466	39	7.1	56.9	12.5
	77. Vik	8 057	65	8.0	94.0	8.5
	78. Gulen	6 408	58	9.0	75.6	11.9
	79. Kirkebo	6 139	59	9.6	95.4	10.0
	80. Ytre Søndfjord	8 404	65	7.8	72.6	10.7
	81. Indre Søndfjord	7 469	61	8.1	85.8	9.4
	82. Gloppen	5 968	52	8.7	86.2	10.1
	83. Kinn	9 801	68	6.9	85.9	8.0
	Flørø	1 407	4	2.8	90.2	5.1
	84. Ytre Nordfjord	7 715	63	8.2	84.4	9.7
	85. Nordfjordeidet	4 796	57	11.9	81.7	14.6
	86. Indviken	6 917	101	14.6	91.3	15.9
XV	Romsdals amt	143 102	1318	9.2	85.2	10.8
	87. Vestre Søndmør	13 696	118	8.6	78.8	10.9
	88. Indre Søndmør	9 654	96	9.9	98.0	10.1
	89. Østre Søndmør	6 432	40	6.2	88.2	7.1
	90. Ørskog	7 135	84	11.8	92.9	12.7
	91. Nordre Søndmør	26 000	152	5.7	73.6	7.7
	Aalesund	14 785	85	7.5	86.2	6.6
	92. Ytre Romsdal	19 004	199	10.4	88.6	11.8
	Molde	2 500	21	9.1	86.2	10.6
	93. Indre Romsdal	9 984	75	7.5	84.8	8.8
	94. Nordre Nordmør	28 151	263	9.0	92.7	9.7
	Kristiansund	15 891	122	7.0	86.2	8.1
	95. Sundalen	5 078	86	16.9	97.2	17.4
	96. Surendalen	7 999	92	11.6	82.7	14.0
	97. Nordre Nordmør	9 969	112	11.2	86.9	12.9
XVI	Søndre Trondhjems amt	147 343	1426	9.7	86.2	11.2
	98. Trondhjems stadsf. . . .	46 256	470	10.2	95.4	11.7
	99. Strinden	16 292	131	8.0	72.5	11.0
	100. Selbu	4 832	44	9.1	71.7	12.7
	101. Røros	8 344	79	9.5	99.8	9.5

Amt	Lægedistrikt	Folke- mængde 1.12.1910. "Popula- tion"	Antal an- meldte dødsfald av kræft 1902— 1911	Kræft- dødsfald pr. 10 000 levende	Av læ- gerne an- meldte dødsfald pr. 100 døde	Beregnet antal kræftdøds- fald pr. 10 000. Kræft- tal
1	2	3	4	5	6	7
	102. Guldalen	12 582	119	9.5	71.2	13.3
	103. Opdal	5 169	50	9.7	80.6	12.0
	104. Orkedalen	15 358	155	10.1	86.9	11.5
	105. Hevne	4 756	71	14.9	96.1	15.5
	106. Hitteren	10 413	76	7.3	74.7	9.8
	107. Ytre Fosen	9 749	110	11.3	82.2	13.7
	108. Indre Fosen	6 869	46	6.7	89.1	7.5
	109. Nordre Fosen	7 432	86	11.6	83.2	13.9
XVII	Nordre Trondhjems amt	84 640	907	10.7	81.9	13.0
	110. Stjordalen	11 032	125	11.3	71.4	15.8
	111. Frosten	7 986	77	9.8	70.4	13.9
	112. Levanger	13 256	152	11.4	77.0	14.9
	Levanger	1 646	18	10.9	87.6	12.4
	113. Inderøen	10 703	154	14.4	93.7	15.3
	114. Stenkjær	11 340	129	11.4	88.8	12.8
	Stenkjær	2 459	23	9.4	87.6	10.7
	115. Grong (og Lierne)	7 626	83	10.9	92.3	11.8
	116. Namsos	7 798	77	9.8	93.6	10.5
	Namsos	2 533	25	9.9	87.6	11.3
	117. Fosnes	4 486	40	8.8	81.4	10.8
	118. Kolvereid	5 102	34	6.7	59.3	11.3
	119. Vikten	5 311	36	6.8	80.4	8.4
XVIII	Nordlands amt	161 105	1197	7.4	80.4	9.2
	120. Bronno	12 128	128	10.6	84.4	12.6
	121. Alstahaug	11 150	53	4.7	61.6	7.6
	122. Vefsen	7 676	85	11.1	91.6	12.2
	Mosjøen	1 721	27	15.7	94.4	16.6
	123. Ranen	16 651	150	9.7	96.4	10.0
	124. Luro	8 880	60	6.9	86.3	8.0
	125. Gildeskaal	6 027	39	6.5	89.6	7.2
	126. Bodo	10 113	105	10.4	98.3	10.6
	Bodo	4 895	52	10.6	94.4	11.2
	127. Folden	4 844	28	5.8	68.8	8.4
	128. Skjerstad	11 876	102	8.6	92.6	9.3
	129. Steigen	3 462	44	12.7	78.8	16.1
	130. Hamarøy	3 104	38	12.2	76.7	15.9
	131. Lødingen	7 198	22	3.0	79.9	3.8
	132. Ofoten	12 088	43	3.5	84.7	4.1
	Narvik	4 922	9	1.8	94.4	1.9
	133. Flakstad	4 743	28	5.9	34.8	17.0
	134. Buksnes	9 789	71	7.3	71.4	10.2
	135. Østlofoten	7 721	64	8.3	87.4	9.5
	136. Hadsel	12 472	77	6.2	71.0	8.7
	137. Sortland	11 183	52	4.6	62.7	6.7
XIX	Tromsø amt	80 554	539	6.7	75.7	8.8
	138. Trondenes	15 266	102	6.7	71.4	9.4
	Harstad	2 341	14	6.0	93.3	6.4
	139. Ibestad	9 812	57	5.8	85.9	6.7
	140. Trano	5 475	44	8.1	87.7	9.2
	141. Berg	2 811	13	4.6	65.1	7.0
	142. Lenviken	7 260	24	2.2	57.7	3.9
	143. Maalselven	5 418	46	8.5	85.2	9.9

Amt	Lægedistrikt	Folke- mængde 1.12 1910. "Popula- tion"	Antal an- meldte dødsfald av kræft 1902— 1911	Kræft- dødsfald pr. 10 000 levende	Av læ- gerne an- meldte dødsfald pr. 100 døde	Beregnet antal kræftdøds- fald pr. 10 000. Kræft- tal
1	2	3	4	5	6	7
	144. Balsfjorden	5 019	22	4.4	74.8	5.9
	145. Tromsø	13 330	121	9.1	83.4	10.9
	<i>Tromsø</i>	7 754	93	12.0	93.3	12.9
	146. Lyngen	6 334	46	7.2	65.4	11.0
	147. Karlsø	3 569	19	5.3	81.5	6.1
	148. Skjervø	6 260	44	7.0	71.9	9.7
XX	Finmarkens amt	39 126	203	5.2	64.3	8.1
	149. Alten (og Talvik) . . .	5 812	29	4.8	65.2	7.4
	150. Løppen	2 638	8	3.1	55.4	5.1
	151. Hammerfest	5 240	46	8.8	69.1	12.7
	<i>Hammerfest</i>	2 817	37	13.1	98.1	13.1
	152. Maaso	4 441	4	0.9	50.8	1.8
	153. Kistrand	2 749	9	3.3	45.6	7.3
	154. Lebesby (og Gamvik) . .	1 726	7	4.1	35.0	11.7
	155. Tanen (og Polmak) . . .	4 098	8	1.9	46.5	4.0
	156. Vardo	4 363	39	8.9	88.4	10.0
	<i>Vardo</i>	3 111	30	9.6	98.1	9.8
	157. Vadso	4 479	49	10.9	85.8	11.6
	<i>Vadso</i>	1 988	34	17.0	98.1	17.3
	158. Syd-Varanger	3 570	5	14.0	70.2	20.0
	Riket 1902—1911 . . .		22 111			
	Gjennemsnitssum	2 306 736		9.58	87.4	
	— 1. 12. 1910 . . .	2 357 790		9.53		10.7

Det vil av tabellen sees at mens *kræfttallet for hele riket er 10.7* (direkte fundet middeltal 9.5), svinger *kræfttallet for amterne* fra 8.1 (direkte 5.2) i Finmarkens amt til 13.8 (direkte 12.7) i Jærlsberg og Larvik.

De høieste tal findes ellers i Trondhjemsamterne, Hedemarken og Bratsberg. Derimot viser Sorlandsamterne, men ganske særlig landets 3 nordligste amter de laveste tal.

Imidlertid faar man ikke noget rigtig indtryk av kræftsygdommenes fordeling over landet alene ved betragtning av saa store samlede landstrækninger som amterne.

Thi mange av vore amter, f. eks. Hedemarken, Nedenes, Søndre Bergenhus o. fl., omfatter landskaper av meget forskjelligartet naturlig beskaffenhed, med vekslende livskaar for befolkningen og med typeforskjelligheter hos denne selv, — altsaa inden samme amt temmelig vekslende betingelser for utviklingen av sygdommen. Ved at se et helt amt under et vil disse lokale forskjelligheter let forviskes og gaa op i amtets hele generalnævner.

Et mere virkelighetstro billede av kræftsygdommenes fordeling i landet faar man ved at sammenstille forholdene inden de enkelte *lægedistrikter*, der som regel baade geografisk og ethnografisk er mere eiendommelige, ensartede og vel begrænsede.

Mellem de enkelte lægedistrikter er ogsaa forskjellen i kræftsygdommenes utbredelse meget mere uttalt, idet kræfttallet her svinger mellem 23.2 helt ned til 1.8.

Høiest naar herrederne Sveio og Vikebygd i Haugesunds distrikt (men tilhørende Søndre Bergenhus amt), hvor tallet som nævnt naar op til 23.2; høit kræfttal findes desuten i Sand (19.9), Syd-Varanger (19.9), Sundalen (17.4), Flakstad (17.0), Steigen (16.7), Indviken (15.9), Stjørdalen (15.8), Hevne (15.5), Inderøen (15.3), Ringeby (15.2), Hamarøy (15.0).

Dog vil det her bemerkes, at flere av disse distrikter, saaledes Sveio og Vikebygd, Sand, Syd-Varanger og Flakstad, for en ikke ringe del skylder sin fremskutte plads i rækken det tillæg som er gjort for de av lægerne ukjendte dødsfald, tillæg som naar op til 29.8 % (Syd-Varanger), 37.2 % (Sand), 61.5 % (Sveio og Vikebygd) og 65.2 % (Flakstad).

Tydeligere end gennem tallene alene fremtrær disse distrikters forskjellige stilling med hensyn til kræftdødeligheten paa vedføjede kart. Efter sine kræfttal er lægedistrikterne her delt i VII grupper og paa kartet betegnet overensstemmende hermed, saaledes at:

	Kræfttal	Antal
I over	14.6	13
II fra	14.5—13.1	16
III »	13.0—11.6	33
IV »	11.5—10.1	29
V »	10.0— 8.6	29
VI »	8.5— 7.1	23
VII under	7.0	13

Gruppe IV ligger i høide med det midlere kræfttal for hele riket — 10.7 —, gruppe III, II og I altsaa over dette, gruppe V, VI og VII under dette middeltal.

Av kartet fremgaar, at *egnene om Trondhjemsfjorden* — baade i søndre og i nordre amt — samt de tilstøtende dele av Romsdals amt og delvis av Nordlands amt danner det største sammenhengende kræftomraade i landet.

Det bestaar av distrikterne Inderøen, Stjørdalen, Levanger, Stenkjær, Ytre og Nordre Fosen, Frostøen, Selbu, Guldalen og Opdal, samt Sundalen, Surendalen og Nordre Nordmør, og endelig Brønnø og Vefsen.

Ogsaa andensteds i landet findes saadanne sammenhængende kræftegne.

Paa *Østlandet* saaledes trakterne øst og syd om Mjøsen og langs Glommen, Hedemarken, Søndre Østerdalen, Solør og Odalen, Ullensaker og Høland, desuten i fremtrædende grad de tre lægedistrikter hvorav Jarlsberg og Larvik amt bestaar (Tønsberg, Hof, Larvik), samt det nærliggende Kragerø. Inde i landet mere spredt i distrikterne Ringebu, Valdresdalføret, Rollag og Modum.

Sorlandet viser i sammenhæng med kræftomraadet i Jarlsberg og Larvik samt Kragerø langs kysten en række distrikter med høie kræfttal: Østre og Vestre Nedenes, Oddernes og Undal.

Paa *Vestlandet* optræer kræftegnene mere spredt. Vi har her dog i nogenlunde sammenhæng Sand, Indre Søndhordland og Haugesund, særlig herrederne Sveio og Vikebygd (i S. B. amt); desuten enkeltvis Ytre Hardanger, Osterøen og Sogndal (Sogn), nabolidistrikterne Nordfjordeidet og Indviken i Nordfjord, samt Nordre Søndmør.

I *Nord-Norge* viser foruten de nævnte Brønnø og Vefsen ogsaa Steigen og Hamarøy, Flakstad og Hammerfest, Lebesby og Vadsø de gennemsnitlig største kræfttal i decenniet 1902—11.

De *laveste kræfttal i perioden* findes gennem en række distrikter i Finmarkens, tildels ogsaa i Tromsø og Nordlands amter: Syd-Varanger, Kistrand, Maasø, Alten og Loppen; Karlsø, Balsfjorden, Lenviken; Berg, lbestad, Ofoten og Lødingen, samt Gildeskaal og Alstahaug. I det hele ligger *kræfttallet i Nord-Norges* distrikter for det meste *under rikets middeltal*.

Eiendommelig nok viser Indre Fosen, som ligger midt mellem de utprægede trønderske kræftbygder, meget smaa kræfttal, likeledes, om end ikke saa uttalt, nabolidistriktet Hitteren.

I det hele synes distrikterne nedover hele *vestkysten* kun at vise en lav kræftdødelighet; men ogsaa endel distrikter længere inde i fjordene som Østre Søndmør og specielt Indre Hardanger har smaa kræfttal.

Paa *Sørlandet* staar Evje og Aamli med de laveste tal, men ogsaa de fleste andre distrikter vestenfor Næssøet (Lyngdal, Vanse, Flekkefjord, Sogndal, Egersund og Sandnes) har kræfttal under rikets middel.

Østlandets laveste kræfttal findes i Sauland og Tinn, i Aker, Kristiania umiddelbare omegn, samt i Sarpsborg.

I sine store træk vil det her behandlede ti-aar, 1902—1911, gi et med det av GEIRSVOLD for perioden 1895—1901 fundne nogenlunde overensstemmende billede hvad kræftsygdommenes almindelige fordeling ut over landet angaar.

Og denne likhet er paatagelig, selv om sammenligningen foretages mellem de av GEIRSVOLD direkte fundne tal og de her ved tillæg av kvotienten for de av lægerne ukjendte dødsfald fremkomne kræfttal.

En viss *stabilitet* viser sig altsaa i kræftsygdommenes optræden.

I begge perioder og ved begge beregninger findes *Trøndelagen at være landets største kræftomraade*, og vi gjenfinder likeledes nogenlunde de samme kræftomraader øst for Mjøsen, langs Sørlandets østkyst, paa Vestlandet og i Nord-Norge.

Imidlertid er der dog i enkeltheterne adskillige *forskyvninger*, større og mindre. Overensstemmende med kræftsygdommenes forhold i riket som helhet bestaar disse forskyvninger som oftest i en *stigning*, stundom ganske betydelig. En stilstand eller stigning der ikke naar op til den midlere forøkelse for hele riket, betegner jo egentlig en relativ avtagen av sygdommen i vedkommende distrikt.

En stærkere stigning¹ findes i de tre distrikter i Jarlsberg og Larvik amt (fra ca. 8 til over 12 pr. 10000), Rollag (7.4—11.4), Skien (6.2—10.6), Kragerø (9.0—12.2), Sætersdalen (2.6—10.5!), Oddernes (7.5—10.6), Undal (6.0—11.1), Vanse (4.9—9.4), Sand (7.9—12.5), Sundalen (9.6—16.9), Surendalen (7.2—11.6), Nordre Nordmør (7.9—11.2), Hevne (9.4—14.9), Ytre Fosen (8.2—11.3), Nordre Fosen (7.2—11.6), Vefsen (5.7—11.1), Bodø (5.5—10.4), Skjerstad (4.3—8.6), Maalselven (1.4—8.5), Tromsø (5.2—9.1), Hammerfest (3.0—8.8) og Vadsø (6.0—10.9).

En *nedgang*¹ i kræftdødeligheten sees i over 30 distrikter, derav særlig i følgende: Modum (12.1—9.9), Sauland (8.6—5.5), Tinn (8.5—5.9), Ytre Hardanger (10.4—8.7), Nordfjordeidet (17.4—11.9), Indre Søndmør (11.2—9.9), Orkedalen (13.3—10.1), Indre Fosen (8.0—6.7), Folden (9.3—5.8), Berg (6.6—4.6), Loppen (6.0—3.1), Maasø (2.4—0.9) og Syd-Varanger (7.7—1.4).

Byerne.

Folketællingen i 1910 viser av rikets samlede folkemængde 2 391 782
 en landbefolkning av 1 702 554 = 71.1 %
 en bybefolkning » 689 228 = 28.9 »

Denne bybefolkning er fordelt paa 63 kjøbstæder og ladesteder, av hvilke 48 med tilsammen 127 310 indbyggere alle har mindre end 10000 hver, medens 15 byer med over 10000 indbyggere tilsammen har ca.

¹ Sammenligningen er gjort med de for begge perioder homologe tal fremkomne alene ved benyttelse av de av lægerne kjendte dødsfald.

562000, derav Kristiania alene ca. 242000 (Folketælling 1910), henimot halvdelen eller 43 $\frac{0}{100}$.

Set over ét svarer ogsaa fordelingen av kræftdødsfaldene mellem land og by meget nøie hertil.

Av de i den officielle statistik opførte 22111 tilfælder av ondartede svulster i tiaaret 1902—11

faldt paa landdistrikterne 15374 = 69.5 $\frac{0}{100}$

» » byerne 6737 = 30.5 »

altsaa kun en ringe overvegt av 1.6 $\frac{0}{100}$ for bybefolkningens vedkommende.

Den overensstemmelse mellem byernes og landdistrikternes kræfttal som GEIRSVOLD har paapekt, er saaledes i det sidste 10-aar fremdeles tilstede.

Ser man imidlertid paa forholdet ved kræftsygdommenes utbredelse i de enkelte byer hver for sig, vil man træffe flere eiendommelige foreteelser.

Byernes kræfttal svinger endnu noget stærkere end distrikternes, fra Svelviken med 25.8 til Narvik med 1.9, og med en noget større tendens til at holde sig til yderligheterne, især opover.

Men av byer med over 10000 indbyggere ligger kræfttallene for Trondhjem (11.7), Fredriksstad (11.0), Drammen (10.7), Bergen (10.3) og Kristiansand (10.2) inden den midlere gruppe for landet i sin helhet (10.7). Kristiania (9.5), Stavanger (8.7), Skien (8.5), Kristiansund (8.1), Haugesund (7.7), Aalesund (6.6) og Sarpsborg ligger tildels betydelig under landets middeltal.

Kun Fredrikshald (13.0), Arendal (13.6) og Larvik (14.1) ligger over dette.

I sin helhet synes saaledes ikke byforholdene, slik som de fortøner sig her i landet, at befordre hyppigheten av kræftsygdommene, snarere omvendt.

Paa den anden side er det paafaldende at en hel række av de mindre byer paa Øst- og Sørlandets kyst — foruten de tre ovennævnte større — viser ganske høie kræfttal.

Vi har her Drøbak (19.6), Svelvik (25.8), Holmestrand (16.7), Sandefjord (13.7), Brevik (17.6), Porsgrund (18.0), Stathelle (17.2), Langesund (17.9), Kragerø (15.3), Tvedestrand (22.3), Grimstad (24.1), Lillesand (14.1) og vestenfor Lindesnes Mandal (16.3) og Sogndal (18.2).

Og uten undtagelse ligger disse byers kræfttal høiere, tildels betydelig høiere, end de omgivende landdistrikters (se Tabel III).

Kun nogen faa byer her paa den hele kystlinje ligger under rikets midlere kræfttal eller under de omgivende distrikters (Moss, Horten, Aasgaardstrand, Tønsberg, Risør, samt Farsund, Flekkefjord, Egersund og Sandnes).

Ellers er byer baade med høie og lave kræfttal at finde spredt i landets forskjellige egne, tilsyneladende uten bestemt geografisk orden. Dog har indlandsbyerne Kongsberg, Lillehammer, Gjøvik, Hamar, desuten Skien og Sarpsborg lave kræfttal; Kongsvinger alene litt over middel (12.3).

Ogsaa for byernes vedkommende findes der i den her behandlede 10-aarsperiode 1902—11 visse svingninger, opgang og nedgang, i kræftdødeligheten sammenlignet med det foregaaende lignende tidsrum.

Mest dog *stigning*¹, der er noteret for 39 av de 51 byer for hvilke der i det forrige tidsrum findes opgaver. Stærkest er stigningen i Drøbak (fra 10.5 til 13.8), Stathelle-Langesund (9.0—15.5) og videre nedover Skagerakkysten: Tvedestrand (6.1—22.3), Arendal (5.9—13.6), Grimstad (8.6—24.1) og Lillesand (5.8—14.1); endelig ogsaa i Namsos (3.6—9.9), Mosjøen (11.5—15.7), Bodø (4.9—10.6), Hammerfest (8.7—13.1) og Vadso (10.7—17.0).

I et par av disse byer kommer dog kræftdødeligheten tiltrods for den stærke stigning fremdeles dog ikke synderlig over rikets middeltal.

*Nedgang*¹ i kræftdødeligheten findes i 12 byer, dog intetsteds i betydelig grad. Størst er den i Sarpsborg (9.1—4.7), Kongsvinger (13.7—11.1), Flekkefjord (10.5—8.6), Horten (11.7—9.9), Lillehammer (10.0—8.3) og Kristiansund N. (8.7—7.0).

Aarlige vekslinger i kræftdødeligheten.

Kræftdødelighetens stadige stigning op gjennom aarene har dog ikke været helt jevn og ubrutt, den har vist en svak bølgegang med smaa fald og stigninger. Saa og i 1902—11.

Her staar 1902 lavest med 2064 kræftdødsfald, toppen representeres av 1907 med 2310, det høieste antal kræftdødsfald inden et aar som hittil er anmeldt i Norge. Nogen nedgang i de følgende aar, 1911 er kommen høit igjen med 2292 dødsfald.

En lignende bølgebevægelse gjenfinder vi ogsaa i distrikterne og amterne. Men det viser sig snart at bevægelsen i de enkelte landsdele ikke falder sammen med det hele rikes, men ofte kan ha motsatte faser, opgang enkelte steder i landet, nedgang andre.

Tallene for distrikterne i de enkelte aar er dog for smaa til at utslagene tillater videre slutninger.

Men ved undersøkelse av forholdet i amterne falder det i øinene at bevægelsen har været ensartet i større sammenhengende eller indbyrdes

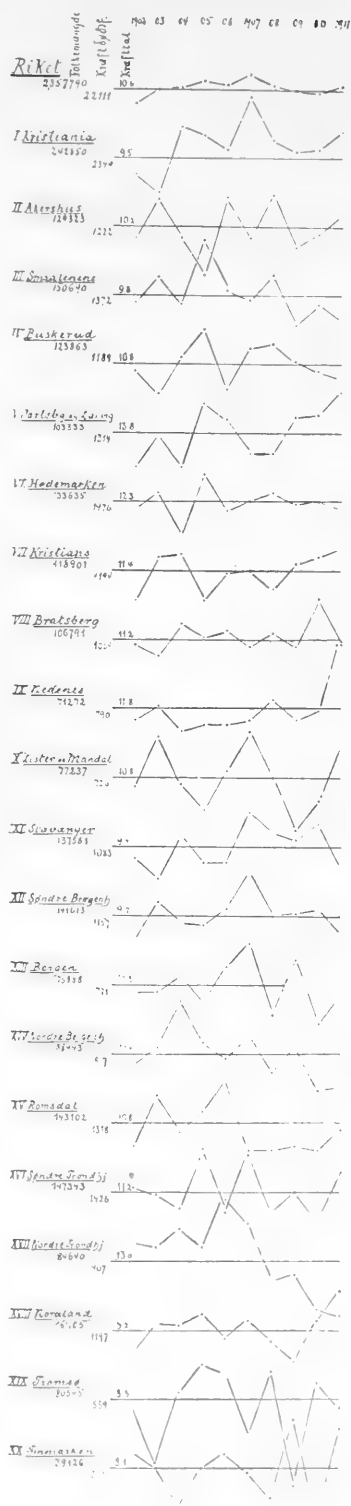
¹ Sammenligningen er gjort mellem begge perioder alene med benyttelse av de av lægerne kjendte dødsårsaker fundne tal.

nærliggende landsdele, som da har git sit præg til hele rikets kræfttal for det aar.

Saaledes er stigningen i rikets kræfttal for 1905 nærmest fremkaldt ved stigningen over store dele av Østlandet: Smaalenene, Hedemarken, Buskerud, Jarlsberg og Larvik, samt desuten Søndre Trondhjems og Tromsø amter. Stigningen for riket i 1907 skyldes derimot de høie tal i Kristiania, desuten i Sør- og Vestlandsamterne: Lister og Mandal, Stavanger, Søndre Bergenhus, Bergen og Nordre Bergenhus, samt desuten Søndre Trondhjems amt. Endelig foranlediges stigningen for riket i 1911 av de høie tal i Akershus, Jarlsberg og Larvik, Kristians, delvis Bratsberg, Nedenes, Lister og Mandal, Søndre Trondhjems, Nordlands og Finmarkens amter.

Paa den anden side hænger den ringe kræftdødelighet for 1911 i riket som helhet sammen med lave kræfttal i næsten samtlige amter, idet kun Nordre Trondhjem og Smaalenene ligger over sit eget middeltal for perioden, Finmarken, Søndre Trondhjem og Stavanger netop i høide med dette, de andre lavere.

Den parallellisme i kræftdødelighetens bevægelse gjennom større sammenhengende dele av landet som saaledes kan spores paa hosstaaende kurve, tør muligens være begrundet i visse samtidig indvirkende aarsaksforhold. Men for tiden synes det litet frugtbringende at søke efter disse. Thi paa den ene side er kræftsygdommenes aarsaksforhold i det hele endnu saare litet kjendt. Og paa den anden side er de her fremstilte kurver uttryk for dødelighetsforholdene ved en sygdomsgruppe hvis forskjellige former har en meget forskjellig



Kurve 1

tidsvarighet, saa de foranledigende momenter maa søkes i forskjellig tids-avstand fra den dødelige udgang.

Sarkomer.

I ovenstaaende fremstilling er alle maligne svulster, carcinomer og sarkomer, medtalt under ét.

Av det hele antal i 10-aarsperioden, 22111, er 1185 sarkomer, $\approx 5.36\%$.

Dette forhold veksler kun litet i de enkelte aar, fra 109 sarkomer av 2252 ondartede svulster i det hele, $\approx 4.35\%$ i 1907 til 138 av 2248 eller 6.14% i 1905.

Tabel IV a.

Aar	Antal sarkomer			I $\%$ av alle maligne svulster
	Mænd	Kvinder	Tils.	
1902	65	47	112	5.42
1903	61	49	110	5.20
1904	67	49	116	5.22
1905	64	74	138	6.14
1906	71	61	132	5.89
1907	56	68	124	5.32
1908	61	48	109	4.35
1909	50	60	110	4.94
1910	61	44	105	4.80
1911	63	65	128	5.19
1902—1911	619	566	1185	5.36
	52.2 $\%$	47.8 $\%$		

Noget større veksler viser forholdet i de enkelte amter set for hele 10-aarsperioden under ét.

Det *laveste antal dødsfald av sarkomer* findes i Nedenes amt (24 av 790 kræftdødsfald $\approx 3.04\%$), derefter kommer Jarlsberg og Larvik (3.34 $\%$) og Finnmarken (3.35 $\%$). *Største antal* dødsfald av sarkomer findes i Nordlands amt (6.51 $\%$), Søndre Trondhjem (6.38 $\%$), Nordre Bergenhus (6.36 $\%$), Tromsø (6.31 $\%$), Lister og Mandal (6.20 $\%$), Stavanger (6.19 $\%$) og Bratsberg (6.17 $\%$). (Se tabellen næste side).

Nogen streng geografisk gruppering av landsdele med faa eller mange sarkomdødsfald lar sig neppe gjennomføre.

Dog finder man de lave tal mest i østlands- og indlandsamterne, mens de høie tal fornemmelig repræsenteres av kystamterne fra Lindesnes til Tromsø.

I begge grupper findes dog undtagelser. Saaledes staar det østlandske indlandsamt Bratsberg med et saa høit tal som 6.17 ‰; og kystamterne i syd og nord Nedenes og Finmarken har som nævnt nogen av de laveste tal (3.04 ‰ og 3.35 ‰).

Tabel IV b. Sarkomernes fordeling efter amterne.

Amter	Sarkomer			I ‰ av alle maligne svulster
	Mænd	Kvinder	Tils.	
I. Kristiania	63	66	129	5.08
II. Akershus	23	33	56	4.85
III. Smaalenene	33	22	55	4.01
IV. Buskerud	32	30	62	5.20
V. Jarlsberg og Larvik	17	27	44	3.34
VI. Hedemarken	46	51	97	3.68
VII. Kristians	30	24	54	4.53
VIII. Bratsberg	33	32	65	6.17
IX. Nedenes	11	13	24	3.04
X. Lister og Mandal . .	18	27	45	6.20
XI. Stavanger	35	32	67	6.19
XII. Søndre Bergenhus .	35	30	65	5.62
XIII. Bergen	20	17	37	4.80
XIV. Nordre Bergenhus.	29	23	52	6.36
XV. Romsdal	41	29	70	5.31
XVI. Søndre Trondhjem .	47	44	91	6.38
XVII. Nordre Trondhjem .	28	25	53	5.84
XVIII. Nordland	53	25	78	6.51
XIX. Tromsø	19	15	34	6.31
XX. Finmarken	6	1	7	3.35
Riket	619	566	1185	5.36
	52.2 ‰	47.8 ‰		

Kræftdødsfaldenes fordeling efter organer og kjøen.

Kræftsygdommenes fordeling paa de enkelte organer er i vor medicinalstatistik hittil ikke saa specificert at man av denne kan danne sig noget brukbart billede av de enkelte organers og legemsdeles forskjellige utsathet, eller deres andel i totalmortaliteten.

Kun for ventriklen og mamma er der særlige opgaver.

Men i betragtning av den store rolle som cancer mammæ, desuten ogsaa cancer uteri spiller for kræftsygdommenes hyppighet hos kvinden, vil en oversigt over disse maligne svulsters fordeling paa de forskjellige organer ikke bli retvisende uten at deres fordeling paa kjøen samtidig tages i betragtning.

En sammenstilling av mortalitetstabellerne for 1902—1911 gir da følgende oplysninger:

Tabel V.

	Mænd	Kvinder	Tilsammen
Carcinomer			
i maven	7 037	5 712	12 749
- leveren	751	755	1 506 ¹
- kjønsorganerne	125	1 343	1 468 ²
- brystkjærtelen	4	838	842
- andre organer			
og uopgit sæte	2 175	2 076	4 251 ³
	10 092	10 724	20 816
Sarkomer			
i bensystemet	258	197	455
- andre organer			
og uopgit sæte	363	372	735 ⁴
	621	569	1 190
Tilsammen	10 713	11 293	22 006 ⁵

Av tabellen fremgaar at *ventrikelkræft* her, som næsten overalt ellers, og nu som tidligere, viser sig at være den hyppigste lokalisation med 12749 tilfælder av 20816 carcinomer i det hele, d: 61.2 %.

Det sees ogsaa at ventrikelkræft har den vanlige overvegt paa mandsiden, idet 7037 d: 55.2 % forekom hos mænd mot 5712 d: 44.8 % hos kvinder.

Endnu større blir overvegten paa mandssiden, naar man tar hensyn til at kvinderne over 35 aar ifølge folketællingen 1910 er i overtal i Norge med 54.4 % mot 45.6 % mænd. Det vil sige at paa hver 100 mænd (over 35 aar) som dør av ventrikelkræft, er der kun 68 kvinder som dør av samme sygdom.

Kræft i kjønsorganerne er opført med 125 tilfælder (dødsfald) hos mænd mot 1343 hos kvinder. Som nævnt gir disse tal ingen besked om den noiere lokalisation inden genitalsfæren. Men at den ubetingede overvegt ligger hos cancer uteri, fremgaar derav, at denne diagnose i det ene aar (1911) hvor denne lokalisation specielt er opført for sig, tæller 136 tilf., eller 9.2 % av alle for hele 10-aaret opførte genitalcancere hos kvinder og mænd tilsammen. Efter dette tør man regne at dødsfald av uterincancer utgjør godt 80—90 % av de som genitalcancere opførte, altsaa 100—120 dødsfald aarlig.

¹ I 1911 opføres fordøielsesorganer utenfor ventriklen med mænd 160, kv. 155.

² . 1911 — alene carcinoma uteri 136.

³ . 1911 — derav særskilt carcinom i huden med mænd 26, kv. 20.

⁴ . 1911 — derav særskilt sarkom i lymfekjærtlerne med mænd 25, kv. 13.

⁵ Naar den samlede sum 22006 ikke helt stemmer med den tidligere oppgivne 22111, kommer det vistnok derav, at der for 105 av disse tilfælder ikke er opgit kjøen.

Dødsfald av kræft i *brystkjærtelen* er opført med 842 eller 4 % av alle kræftdødsfald. Av det hele tal kun 4 tilf. 3: 0.48 % hos mænd, de øvrige 99.52 % hos kvinder.

Gruppen *carcinom i leveren* er vistnok for største delen at opfatte som et tillæg til ventrikelcarcinomerne, delvis tillike som samlediagnose for cancer ogsaa i andre underlivsorganer, fra hvilke metastaserne pleier at søke til leveren. Thi primært levercarcinom hører jo til de ganske sjeldne lokalisationer.

Med hensyn til *sarkomernes fordeling efter lokalisation og kjønn* er det kun *bensystemet* for hvilket *lokaldiagnoserne* opføres særskilt, med 455 av i det hele 1190 tilf. 3: 28.2 %.

Det sees at for hele 10-aarsperioden er mændene i majoritet med 619 tilf. 3: 52.2 %, mot 566 tilf. 3: 47.8 % hos kvinder; i de enkelte aar kan dog forholdet være omvendt.

Størst overvegt av sarkomer hos mænd findes i Nordlands amt (53 mænd, 25 kv.), Smaalenene og Bratsberg (begge 33—22) og i Romsdal (41—29).

En sammenstilling av samtlige maligne svulster efter fordeling paa kjønn og sammenholdt med fordeling av mænd og kvinder i befolkningen gir følgende resultat:

		Derav mænd	kvinder
Samtlige maligne svulster	22 106	10 813 (48.9 %)	11 293 (51.1 %)
derav carcinomer . .	20 914	10 194 (48.7 %)	10 727 (51.3 %)
sarkomer . .	1 185	619 (52.2 %)	566 (47.8 %)
Norges befolkning 1910			
=	23 917 82	11 556 73 (48.3 %)	12 361 09 (51.7 %)
derav 35 aar og ældre	7 747 53	3 532 43 (45.6 %)	4 215 10 (54.4 %)

Det vil sige: *De maligne svulster er i Norge meget likelig fordelt paa de to kjønn, naar alle befolkningens alderstrin tages samlet. Tages alene hensyn til aldersklasserne over 35 aar, har kræftsygdommene nogen (ca. 3 %) overvegt hos mænd. Sees sarkomerne alene, er mandkjønnets større mottagelighet endnu noget mere uttalt, ca. 6.6 %.*

Alder.

Saa litet vi end vet om kræftens aarsaksforhold i det hele, saa enstemmig erkjendes det dog fra alle hold at kræftsygdommene — særlig da carcinomerne — overveiende optræer i de senere leveaar, fra 30—40-aarene og opover.

Med største eftertryk har denne opfatning fundet ord i slike uttalelser som at »senilisme i ordets videste forstand er det første etiologiske moment i kræftsygdommene« (W. A. FREUND) og at »cancer is a function of age« (E. BASHFORD).

Carcinom i 20-aarene er ogsaa, om end ingen absolut raritet, dog saa sjelden forekommende at av de vel 22000 dødsfald i 10-aaret 1902—11 er kun 104 (0.47 ‰), 42 mænd og 62 kv., i alderen mellem 20—30 aar.

Og i aarene under 20 aar alene 21, 12 mænd og 9 kvinder (0.09 ‰), saaledes fordelt:

1—5 aar	5—10	10—15	15—20 aar
4 m., 2 kv.	1 m., 1 kv.	2 m., 1 kv.	5 m., 4 kv.

Dette tal er endogsaa temmelig høit og turde maatte optages med en viss varsomhet, for saa vidt diagnosen ikke hviler paa sektion og mikroskopisk undersøkelse, hvorom vor medicinalstatistik ikke meddeler nogen oplysning.

Erfaringer andensteds fra viser endog adskillig mindre tal, og PHILIPP (Zeitschr. f. Krebsforsch. V, 1906, s. 326) mener, efter gjennomgaaelse av alle ham tilgjengelige i verdenslitteraturen meddelte 390 tilfælder av carcinom hos børn under 15 aar, at kun 93 tilfælder holder stand for en strengere kritik.

Alderstal.

Som en logisk følge av denne kræftens aldersbundne forekomst skulde man vente at finde en utpræget parallellisme mellem de enkelte landsdeles (amters, distrikters, byers) kræfttal og uttrykket for vedkommende befolknings procentwise antal av individer i »kræftalderen«.

Kræftkomiteen har derfor lat foreta en paa grundlag av folketællingen 1ste decbr. 1910 utført beregning av procenttallet for individer over 35 aar i landets amter, distrikter og byer.

Dette procenttal har jeg kaldt *alderstal* og sammenstillet det med *kræfttallet* i samme landsdel. Resultatet av denne sammenstilling for en kortere del av den her behandlede tidsperiode har jeg tidligere fremlagt i Kræftkomiteens beretning til 13de alm. norske lægemote i Bergen 1909 (Tidsskr. f. d. norske Lægeforening 1910, s. 102 og 145). Jeg skal her fremlægge resultatet for det hele 10-aar.

Av Norges 2391773 indbyggere var 1 decbr. 1910	353243 mænd
	og 421510 kvinder
	ialt 774753 personer

over 35 aar, eller 32.4 ‰ av hele befolkningen.

32.4 blir saaledes **alderstal for hele riket.**

For de enkelte distrikter svinger alderstallet mellem 42.5 som maximum til 20.5 som minimum.

Med *høiest alderstal* staar Indre Hardanger og Opdal (begge med 42.5), Gloppen (40.3), Lyster (40.0), Surendalen (39.8), Indre Romsdal (38.7), Rollag (38.4), Sundalen (38.3), Sand (38.1) og Sogndal, Indre Søndhordland og Stenkjær (alle med 38.0).

Lavest kommer Nordre Nordmør (20.2), Hadsel og Flakstad (24.7), Trysil (25.4), Buksnes (25.7), Lenvik (26.1) og Ofoten (26.2).

Men likesom ved kræfthallene faar man ogsaa den bedste oversigt over *alderstallenes fordeling* gennem landet ved at kartlægge dem i de forskjellige distrikter, og med en tilsvarende inddeling i 7 grupper.

Gruppe I	omslutter alderstal	over 38.0	(12 distr.)
— II	—	—	fra 37.9—36.0 (17 »)
— III	—	—	» 35.9—34.0 (31 »)
— IV	—	—	» 33.9—32.0 (31 «)
— V	—	—	» 31.9—30.0 (26 «)
— VI	—	—	» 29.9—28.0 (21 »)
— VII	—	—	» 27.9 og under (14 »)

ialt 152 distrikter, idet de 6 byer som danner egne stadsfysikater, ikke kan medtages i kartlægningen.

Kartet viser at der langs det hele centrale Syd-Norges akselinje, fra sydligst i Telemarken og helt op nordligst i *Trøndelagen* lever en befolkning med høit alderstal, hvor mere end 36 $\frac{0}{100}$ av individerne er 35 aar og derover. Mere eller mindre sammenhængende med disse landsdele, som væsentlig dannes av de øverste *ostlandske fjelddale*, finder vi ogsaa endel av de inderste *fjordbygder paa Vestlandet*, fra Stavanger til og med Romsdals amter, med lignende tildels meget høie alderstal.

Men ogsaa i de lavere dele av Østlandets dalfører like ned til Mjøsbbygderne er alderstallet litt høiere end rikets middel.

Desuten findes paa *Sorlandet*, specielt i de til hinanden støtende distrikter i Lister og Mandals samt i Stavanger amter, en befolkning med noget høiere alderstal, stærkest utalt i Sogndals distrikt.

Endelig viser *Ranen* et alderstal paa 37.1, det eneste distrikt i Nord-Norge som ligger over rikets middel.

Alle disse distrikter har saaledes mere eller mindre en »gammel« befolkning.

Ellers viser *Nord-Norge* gennemgaaende *lave alderstal*, saa at kun Vefsen, Bodø, Steigen og Hamarøy naar op til middeltallet, alle de andre distrikter ligger under.

Lave alderstal findes ogsaa langs riksgrensen i Hedemarkens amt, særlig i Trysil (25.4), i de nærmest Kristiania liggende østlandsbygder, desuten i Sarpsborg, Sauland og en del av Vestlandets kystdistrikter.

I distrikterne med lave alderstal er der altsaa væsentlig en *ungdommelig* befolkning.

Nogen forklaring paa denne fordeling av »gammel» og »ung» befolkning skal jeg ikke forsøke at gi. Men det hele billede peger dog hen paa at størstedelen av den ældre befolkning særlig holder sig til fjeldbygderne, de indre fjordbygder og jordbruksdistrikter, dels vistnok fordi leve-sættet begunstiger opnaaelsen av høi alder, dels ogsaa fordi her foregaar den største utvandring av de unge folk. Derimot lægger de større industri-centra og kysten med deres fiskeri og sjøfart beslag paa ungdommen — eller sørger for at folk der ikke blir saa gamle.

Billedet av denne aldersfordeling i befolkningen er dog ikke fuld-stændig eller helt korrekt uten at *byerne* tages med i betragtning.

Tabel VI. Norges byer ordnet efter »alderstal».

Byer		Byer	
I. Sogndal	45.2	Levanger	33.2
Aasgaardstrand	43.8	Langesund	33.1
Holmsbo	43.5	Sandefjord	32.9
Hølen	42.4	Bodø	32.5
Grimstad	40.5	Kristiania	32.1
Lillesand	39.0	Bergen	32.1
Mandal	38.7		
Farsund	38.3	V. Lillehammer	31.5
II. Drøbak	37.7	Vadsø	31.5
Kragerø	37.1	Tromsø	31.1
Arendal	37.0	Kongsvinger	30.8
Trondhjem	36.9	Moss	30.8
Svelviken	36.6	Fredriksstad	30.6
Brevik	36.4	Kristiansand	30.3
III. Holmestrand	35.9	Haugesund	30.2
Egersund	35.9	Namsos	30.1
Mosjøen	35.7	Kopervik	30.0
Soen	35.5		
Tvedestrand	35.5	VI. Horten	29.9
Flekkefjord	35.2	Skien	29.8
Stenkjær	34.9	Hamar	29.1
Stathelle	34.8	Hønefoss	29.0
Kongsberg	34.6	Stavanger	28.8
Risor	34.4	Flørø	28.5
Larvik	34.1	Aalesund	28.4
Porsgrund	34.0	Vardø	28.4
IV. Molde	33.5	VII. Sandnes	27.5
Tønsberg	33.4	Hammerfest	27.4
Skudeshavn	33.4	Sarpsborg	25.8
Kristiansund	33.3	Gjøvik	25.5
Fredrikshald	33.2	Harstad	24.8
		Narvik	23.9
		Drammen	21.0

Vi finder da ogsaa her betydelige svingninger om rikets midlere alderstal, 32.4; like fra Sogndal med 45.2 og ned til Drammen med 21.0. Landets to største byer ligger litt under middeltallet, begge med 32.1.

Det er ioinefaldende at særlig en hel række kystbyer langs Skagerakkysten, fra langt inde i Kristianiafjorden og helt forbi Lindesnes, har høie alderstal, huser forholdsvis mange gamle mennesker.

Forholdet mellem kræfttal og alderstal.

I betragtning av den betydning som alderen utvilsomt har for kræftens utvikling hos individet, skulde man ha ventet at der mellem de forskjellige landsdeles (distrikters, amters, byers) kræfttal og alderstal gjennemgaaende kunde paavises en ikke ringe overensstemmelse. Distrikterne med høit kræfttal skulde ventes at omfatte et forholdsvis større antal individer i de høiere aldersklasser end distrikterne med lavt kræfttal, og omvendt.

Men sammenholder man listerne paa kræfttal og alderstal, eller endnu bedre de paa grundlag herav tegnede karter (se side 16, 17) med hinanden, er det vanskelig at finde nogen overensstemmelse, ja i det hele trær avvikelserne stærkest i oinene.

I særdeleshet staar de høie alderstal gjennem hele den midterste del av Syd-Norge i motsætning til de som regel lave kræfttal i samme egne; likesom det er vanskelig at finde nogen paralellisme mellem alders- og kræfttal langs Skagerakkysten og paa Sørlandet, hvor forholdene er ganske uregelmæssige. Ogsaa ellers rundt om i landet vil man finde ikke faa distrikter hvis kræfttal og alderstal divergerer, endog meget sterkt, saaledes Lom og ganske særlig Østre Søndmør og Indre Hardanger, der alle viser høie alderstal og lave kræfttal; eller i motsat retning Solør-Odalen, distrikterne i Jarlsberg og Larvik amt o. fl., hvor vi finder et høit kræfttal i forholdsvis »unge« bygder o: med lavt alderstal.

Adskillig bedre overensstemmelse mellem alderstal og kræfttal viser derimot hele Trøndelagen og Romsdals amt, hvor begge tal holder sig høie; overensstemmelsen kan her til en viss grad forfølges ut i enkeltheterne, saaledes som f. eks. i Hitteren og Indre Fosen, hvis samsvarende lave alders- og kræfttal staar i motsætning til de omliggende distrikters høie tal.

Ogsaa i hele Nord-Norge er der gjennemgaaende god overensstemmelse mellem kræfttal og alderstal, som her væsentlig er lave, om der end er enkelte distrikter, som Hamarøy og Steigen, hvor tallene ligger i et noget høiere niveau.

En viss interesse har det særlig for *byernes* vedkommende at sammenstille *alderstal* og *kræfttal*. Man vil her finde at disse svarer meget godt til hinanden i Kristiania og Bergen, hvor begge tal ligger meget nær rikets middel; i begge disse byer er der altsaa netop saa meget kræft som man kunde vente det efter befolkningens aldersforhold. Ogsaa for en del av de andre byer — Mandal, Kragerø, Molde, Tønsberg, Bodø, Lillehammer, Haugesund, Skien, Hamar, Hønefoss og Narvik — findes en meget nær overensstemmelse av alders- og kræfttal, om end i forskjellig niveau; og for en række av de andre byer følger ogsaa de to tal hinanden uten synderlig avstand.

Paafaldende er det imidlertid hvor mange av byerne langs kysten fra Kristianiafjorden og vel rundt Lindesnes, tidligere omtalt s. 19 (Drøbak, Svelvik, Drammen, Stathelle, Langesund, Porsgrund, Tvedestrand, Grimstad, Sogndal), hvis høie kræfttal ligger i et endog høiere niveau end alderstallet, mens ellers Sørlandsbyerne: Kristiansand og Flekkefjord, men især Farsund og Egersund, har lavere kræfttal end efter alderstallet at vente.

Finmarksbyerne Hammerfest og Vadsø utmerker sig igjen ved et kræfttal som ligger betydelig over alderstallet.

Av vedheftede grafiske fremstilling fremgaar disse forhold tydeligst.

Her er alle amter og lægedistrikter (angit med sit nummer, cfr. tab. III, s. 10), samt byer ordnet i rækkefølge efter deres kræfttal fra de høieste til de laveste paa begge sider av en midtlinje, der angir rikets midlere alderstal, 32.4, og betegnet ved et (●). For hvert enkelt amt, distrikt eller by er samtidig kræfttallet angit med et (×), over eller under niveau for rikets midlere kræfttal, 10.4, der er lagt paa samme niveau som alderstallets midtlinje.

Det sees da at *kræfttal* og *alderstal* vistnok følger hverandre saa nogenlunde gjennom de mellemste grupper av *alderstal*, 30: omtrent mellem 35 og 27; men ved de meget høie og de meget lave alderstal — over 35 og under 27 — ophører parallellismen, og forholdet slaar her næsten over til inversitet. Thi eiendommelig nok viser de distrikter som har de meget høie alderstal, næsten alle kun lave kræfttal, i alle fald meget mindre end man efter befolkningens alder maaske turde vente.

Særlig gjør dette motsætningsforhold sig gjældende i Indre Hardanger, Gloppen, Indre Romsdal, Lesje, Indre Søndfjord, Aal og Østre Søndmør, der altsaa alle er *bygder med en gammel befolkning og litet kræft*.

Omvendt har distrikterne med de meget lave alderstal ikke sjelden meget kræft. Dette gjælder især Flakstad og Nordre Nordmør, som begge har en *ung befolkning og meget kræft*.

Kræftsygdommenes hyppighet (kræftdødeligheten) i en befolkning er saaledes ikke strengt avhengig av antallet av kræftgamle individer i denne befolkning. Et større antal individer over 35 aar nødvendiggjør ikke et større antal kræftdødsfald, et litet antal saadanne ældre individer utelukker ikke en relativ høi dødelighet.

Hvis cancer derfor virkelig er et uttryk for »senilisme i videste forstand«, maa denne senilisme ikke være bundet til en bestemt levealder, men indtræde til forskjellig tid hos befolkningen i forskjellige dele av landet. I og for sig behøver dette ikke at være nogen urimelig antagelse. Thi det samme ser man hos de enkelte individer; enkelte av disse er biologisk og fysiologisk ældre, andre yngre end der er grund til at vente efter deres døpeattest, efter antallet av deres leveaar.

Hvad der i tilfælde skulde betinge den tidligere eller senere alders indtrædelse hos en bestemt befolkning, er ikke let at sige. Det kan være ydre, klimatiske, sociale, eller indre, raceforhold, som her er avgjørende, maaske en samvirken av flere saadanne.

De forsøk jeg har gjort for at undersøke hvorvidt racen eller folketypen har nogen betydning for utbredelsen av kræftsygdommene, har dog ikke ført til noget resultat. Allerede vort mangelfulde kjendskap til folketypene i vort land, deres utbredelse og fordeling — forhold som kun for Sørlandets vedkommende har været undersøkt nøiagtigere og i sammenheng, legger avgjørende hindringer for en saadan undersøkelse.

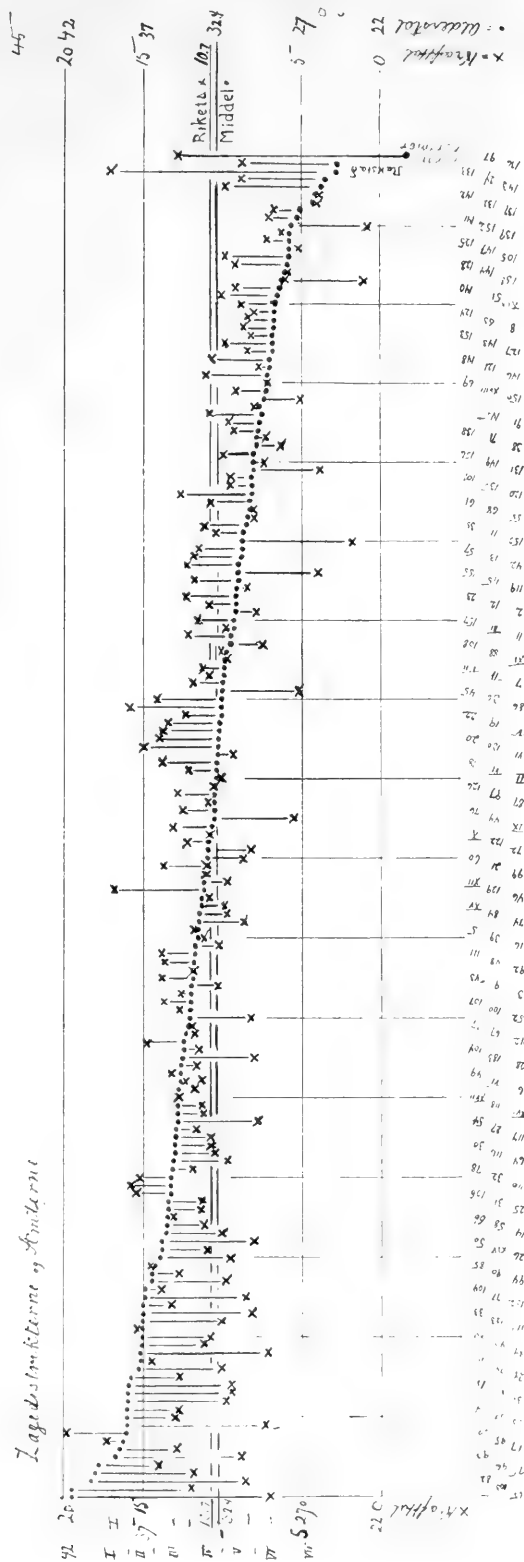
Sammendrag.

1. Antallet av anmeldte dødsfald av kræft i Norge steg i aarene 1853—1911 fra 94 til 2291 tilfælder, altsaa i et forhold som fra 1 til 24.3. Under hensyntagen til den samtidige forøkelse av folkemængden (som fra 1 til 1.6) og stigningen av lægernes kjendskap til dødsårsakerne (1 : 7.25) blir dog dette forhold betydelig at reducere og vil ikke kunne beregnes til at overstige forholdet 1 : 2.3. Men i betragtning av at befolkningens gjennomsnittlige levealder er øket i nævnte tidsperiode, og at lægevidenskapen stadig utvider sin evne til at stille diagnosen kræft, tør ogsaa dette forhold være for høit. Men disse faktorer unddrager sig talmæssig værdsættelse.

Nogen stigning i kræftdødeligheten synes vistnok at ha fundet sted, neppe dog mere end i forholdet 1 : 1.6 eller 1 : 2. Men dette

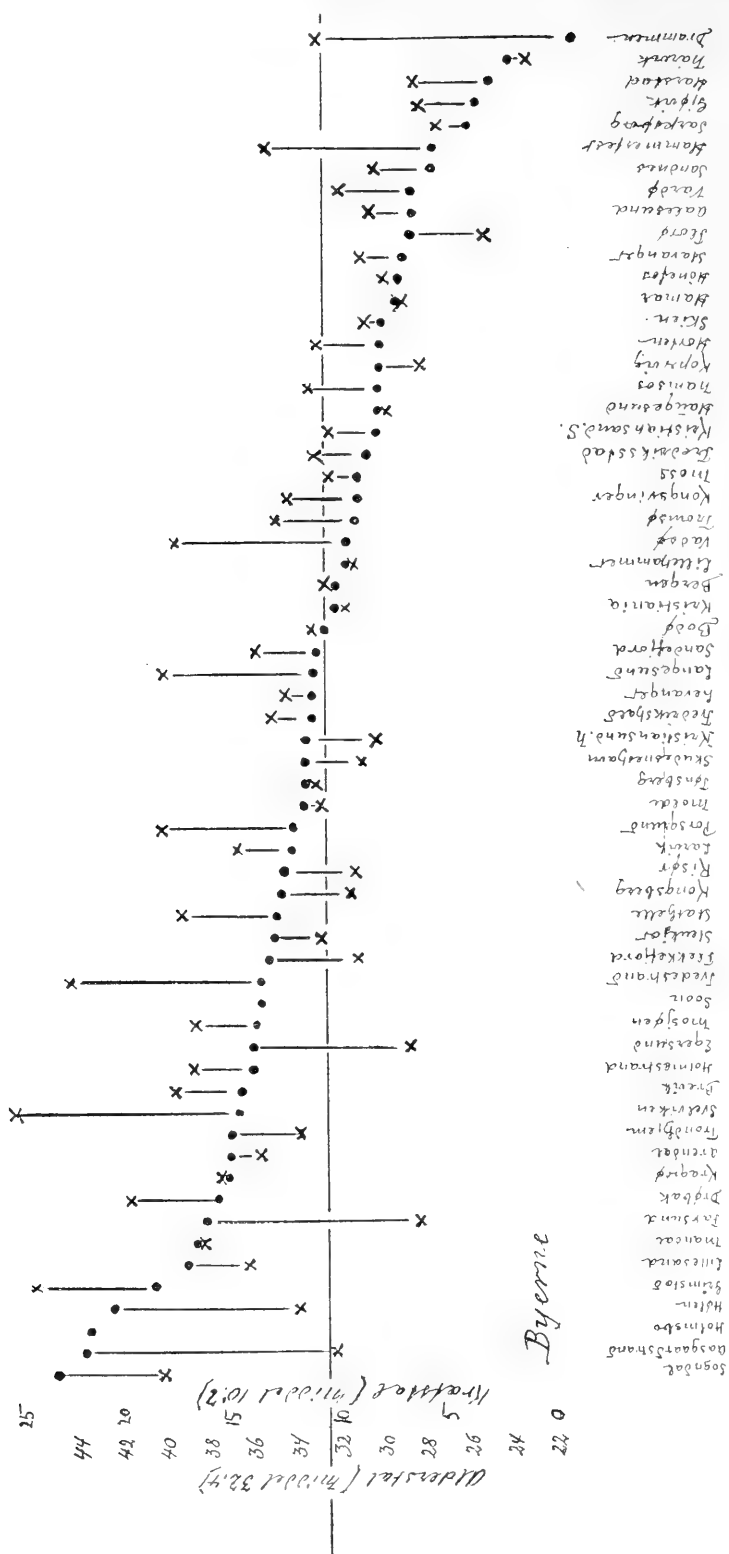
vil sige at kræftsygdommene i de 59 aar har tiltat til henimot det dobbelte.

2. I perioden 1902—11 har de anmeldte kræftdødsfald gjennemsnitlig naaet op til ca. 2200 om aaret, $\text{og } 10.4 \text{ pr. } 10000 \text{ levende, } 7 \text{ ‰ av alle dødsfald. Med forholdstillæg for de av lægerne ukjendte dødsfald beregnes det virkelige antal kræftdødsfald til ca. } 2490 \text{ og } 10.7 \text{ pr. } 10000 \text{ (kræfttallet).}$
3. Kræftsygdommene er noget ujevnt fordelt over landet. Av større sammenhengende strækninger med betydeligere kræftdødelighet kan nævnes egnene om Trondhjemsfjorden samt kysten syd for denne, egnene syd og øst for Mjøsen, hele Jarlsberg og Larvik amt samt kysten herfra og forbi Lindesnes.
Mindst fremtrædende er kræftsygdommene i Mellem-Norges indre dalfører, flere distrikter langs Syd- og Vestkysten og i enkelte indre fjordegne som Indre Hardanger, samt i Nord-Norge.
4. De større byers befolkning viser sig ikke stærkere hjemsøkt av kræftsygdommene end rikets befolkning i det hele.
5. Kræftsygdommene forekommer likelig fordelt paa begge kjøen.
6. Ved de fleste kræftformer begynder sygdommen i 60—70-aarsalderen. Ved kræft i uterus og mammæ oftest i 40—50-aarene.
7. Om end kræftsygdommene overveiende rammer ældre individer, kan der mellem forholdstallet for individer over 35 aar (alderstal) og det beregnede antal kræftdødsfald i et distrikt (kræfttal) ikke paavises nogen direkte sammenheng.



Karte II. Grafisk fremstilling af forholdet mellem alderstal (●) og krafttal (x) i Norges lagedistrikter (arabiske tal) og amter (romertal) — nummertalletenes betydning se tabellen s. 10 o. fl.

Høieste alderstal overst til venstre, faldende gradvis mod højre. De vandrette linjer betegner nivaet for Rikets middeltal (alderstal 32.4 og krafttal 10.7). Den lodrette linje afstand mellem alderstal og krafttal for et distrikt eller amt er maalt for uoverensstemmelsen mellem dem.



Kurve III. Grafisk fremstilling af forholdet mellem alderstal (●) og kræfttal (×) i Norges byer (se tabellen s. 10 o. ff.).

Høieste alderstal øverst til venstre, faldende gradvis mod højre. Den vandrette linje betegner Rikets middeltal (alderstal 32,4; kræfttal 10,7). Den lodrette linjeaavstand mellem alderstal og kræfttal gir maalt for uoverensstemmelsen mellem dem.

II. Kræftsygdommene i Norge.

Den norske Kræftkomites materiale 1908—1912.

Den officielle dødsstatistik gir visselig den paalideligste oversigt som for tiden kan skaffes, saavel over antallet av kræftdødsfald i landet, som over disses fordeling i landets forskjellige egne.

Derimot gir dødsstatistiken kun sparsom eller slet ingen oplysning om kræftsygdommenes fordeling med hensyn paa de angrepne organer eller paa de angrepne individers beskæftigelse og livsstilling, familie eller boligforhold og lignende.

Herom gir Kræftkomiteens materiale trods dets ufuldkommenhet i flere henseender noget bedre besked.

Og i det følgende skal jeg forsøke av de i Kræftkomiteens materiale samlede oplysninger at gi en fremstilling av disse forhold, under vejledende sammenligning med resultaterne fra dødsstatistiken.

Kræftens fordeling paa kjønn.

Av de mottagne 4219 anmeldelser mangler 45 angivelse av patientens kjønn.

Av de øvrige 4174 var $1775 = 42.5\%$ mænd,
 $2399 = 57.5\%$ kvinder.

Det *betydelige overskud av kvinder* i komiteens materiale er ganske paafaldende. Forskjellen er her hele 15% , medens det tilsvarende forhold i dødsstatistiken for 1902—1911 (se side 25) er 48.9% mænd og 51.1% kvinder, altsaa en forskjel av kun 2.2% og væsentlig overensstemmende med fordelingen paa kjønn i den hele befolkning, hvor forskjellen i 1910 var 3.3% overskud av kvinder.

Det er ikke let at paapeke en antagelig grund til dette kvindernes overtal i komiteens materiale. Muligens kan forskyvningen i forhold til dødsstatistiken dog være foranlediget derved, at de hos kvinderne saa hyppigt forekommende lokalisasjoner av kræften til mamma og indre genitalia (tilsammen næsten 26% av alle til Kræftkomiteen anmeldte tilfælder)

i regelen gjør sig saa paatrængende merkbar i klinisk henseende at de forholdsvis lettere blir anmeldt, end en del kræftformer som mere likelig rammer begge kjøen.

Kræftens lokalisation i de forskjellige organer samt fordeling paa kjøen viser følgende forhold:

	Mænd (hommes)	Kvinder (femmes)	Sum (somme)	⁰ / ₁₀₀ av alle anm. tilfælder. (Percentage des tous cas rap- portés)
A. Carcinomer:				
Cutis	131 (60.0 ⁰ / ₁₀₀) +	88 (40.0 ⁰ / ₁₀₀) =	219	5.2 ⁰ / ₁₀₀
Labium	289 (88.7 ») +	37 (11.3 ») =	326	7.8 »
Cavitas oris	95 (56.6 ») +	76 (43.4 ») =	171	4.1 »
Oesophagus	56 (55.4 ») +	45 (44.6 ») =	101	2.4 »
Ventriculus	747 (57.0 ») +	563 (43.0 ») =	1310	31.4 »
Intestinum	142 (46.8 ») +	161 (53.2 ») =	303	7.2 »
Hepar ¹ etsyst.fell.	27 (37.0 ») +	46 (63.0 ») =	73 ¹	1.8 »
Pancreas	19 (59.4 ») +	13 (40.6 ») =	32	0.8 »
Tractus respir.	13 (55.0 ») +	11 (45.0 ») =	24	0.6 »
— urin.	22 (50.0 ») +	21 (50.0 ») =	42	1.0 »
Genit. externa.	22 (35.0 ») +	41 (65.0 ») =	63	1.5 »
— interna.	29 (5.5 ») +	499 (94.5 ») =	528	12.6 »
Mamma	5 (0.9 ») +	539 (99.1 ») =	544	13.2 »
Organa div.	13 (27.0 ») +	34 (73.0 ») =	47	1.1 »
	1610 (42.5 ⁰ / ₁₀₀) +	2174 (57.5 ⁰ / ₁₀₀) =	3783	90.7 ⁰ / ₁₀₀
B. Sarkomer				
	165 (42.3 ») +	225 (57.7 ») =	390	9.3 »
	1775 (42.5 ⁰ / ₁₀₀) +	2399 (57.5 ⁰ / ₁₀₀) =	4173	

A. Carcinomer.

Vi gjenfinder her det vel kjendte faktum, at ventrikelkræften er den hyppigste cancerform, her 31.4 ⁰/₁₀₀ av det samlede antal. (I dødsstatistiken hele 61 ⁰/₁₀₀, se s. 25). Dernæst kommer cancer mammæ (13.2 ⁰/₁₀₀), cancer organ. genit. int. (12.6 ⁰/₁₀₀), cancer labii (7.8 ⁰/₁₀₀), cancer intestini (7.2 ⁰/₁₀₀), cancer cutis (5.2 ⁰/₁₀₀) og cancer cavitatis oris (4.1 ⁰/₁₀₀). De andre organer viser adskillig mindre tal.

Carcinom i fordøielseskanalen (mundhulen, oesophagus, ventrikel, tarmkanal, pankreas og lever) leverer 43.6 ⁰/₁₀₀ av det samlede tal. Dog maa

¹ Ang. diagnosen cancer hepatitis se side 40.

herfra utvilsomt trækkes en del tilfælder av cancer hepatis, som visselig ikke forekommer primær saa ofte som de til komiteen anmeldte 73 tilfælder her antyder. De allerfleste av disse tør vel forklares saaledes, at canceren først har latt sig tydelig diagnosticere ved fænomen fra leveren. De fleste av disse er vistnok ventrikeltumorer.

I anden række kommer ytre og indre genital- samt mammacancer med tilsammen 27.1 % med den overvældende overvegt hos kvinderne (resp. 65.0 %, 94.5 % og 99.1 %).

Carcinomerne i de ytre genitalorganer turde dog med like ret opføres under hudcarcinomer.

Det fremgaar endvidere av denne sammenstilling at carcinom i hud, læbe, mundhule, oesophagus, ventrikel, pankreas og respirationstractus er hyppigst hos mænd; carcinom i nyrer og urinveie like hyppige hos begge kjønn; medens kvinderne er i noget flertal ved kræft i tarmkanalen, leveren og ytre genitalia, i overvældende flertal ved kræft i de indre genitalia og mamma. Ja det er utelukkende kræften i de sidstnævnte to lokalisasjoner som betinger kvindernes overskud i totalsummen.

Ser man nemlig bort fra de 34 mænd og 1038 kvinder med kræft i de ytre kjønnsorganer og i mammæ og kun tar hensyn til kræft i de andre organer, vender forholdet sig helt om, og vi faar et betydelig overskud av kræfttilfælder hos mænd, 1576 mot 1136, altsaa 58.3 % mænd, 41.7 % kvinder.

Imidlertid gjør jeg atter opmerksom paa at Kræftkomiteens materiale i saa henseende neppe viser det rette forhold mellem kjønnene, idet uterin- og mammakræften vistnok er kommet uforholdsmæssig i forgrunden.

Carcinomernes fordeling paa organer, kjønn og aldersklasser.

I det følgende skal i tabellarisk form gives en oversigt over Kræftkomiteens materiale ordnet efter de angrepne organer, samt patienternes kjønn og alder, samt med den detaljering inden de enkelte lokaliseringsomraader som materialet tillater.

1. Cutis.

Alder	Under 20		20-29		30-39		40-49		50-59		60-69		70-79		80-89		90 og over		Uop-git	
Kjøn	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
Pars capill. cap.											1		1	2						
Regio buccalis..								2	1	2	7	7	3							
Nasus	2						1	1	3	6	5	3	5	4	1	1				
Palpebra			1	1			2	3	5	5	4	2	3	2	1	3				1
Bulbus oculi . . .									1 ¹	1 ²										
Regio frontis . .					1	1	1			2	1	1	3	2						
— temporis . . .							1	2	2	2	1	1	3							
Auriculus									1		2	1	1		2					
Facies					2	1	4	4	6	4	7	1	6	4	1	3			2	
Caput	2			1	4	2	9	12	19	20	29	16	25	14	6	7			2	1
Collum et nucha						1			1	1		2	1	1						
Dorsum et pectus							1	1	2			2		3						
Crus			1					1	2		3									
Diversa			1		2 ³	1	3	1	2 ³		2	4	7	2	1				2	1
	2		2	1	6	4	13	15	26	21	34	24	33	20	7	7			2	1
	2		3		10		28		47		58		55		14				3	
219 m. 131 + 88 kv.																				

Av de her opførte 219 tilfælder er 131 (60 %) mænd, 88 (40 %) kvinder.

Huden i ansigtet er særlig utsat, 169 tilfælder eller 72 % av alle hud-carcinomer, medens resten av legemet kun optræer med 50 tilf. eller 28 %.

2. Læben (Labium).

	Under 20		20-29		30-39		40-49		50-59		60-69		70-79		80-89		90 og over		Uop-git	
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
Lab. super. . . .			1		1		1		2		2	1	2		2	1				
Lab. infer. . . .			2	1	7	1	22	3	64	6	88	6	56	9	22	3			2	
Lab. inf. & super.									1											
Labium							4	1	2	1	4	2	2	1	1	1			1	
			3	1	8	1	27	4	69	7	94	9	60	10	25	5			3	
			4		9		31		76		103		70		30				3	
289 + 37 326																				

¹ Limbus corneæ.

² Caruncula lacrymalis.

³ 1 tilfælde cutan analcancer.

Her viser mændene et overordentlig stort flertal, 88.7 $\%$, mot 11.3 $\%$ kvinder.

Likeledes er det paafaldende hvor overvældende meget hyppigere canceren optrær i underlæben end i overlæben. Av de 306 tilfælder hvor sætet er specielt angit, findes de 292 (95.7 $\%$) paa underlæben, men kun 13 (4.3 $\%$) paa overlæben.

Dette forhold, at cancer labii saa overveiende hyppigere findes hos mænd og paa underlæben, støtter uten tvil den vel kjendte antagelse av at læbecanceren i ikke ringe grad skyldes irritation av pipe, særlig kridtpipen. (Se s. 73). Og naar læbecancer hos kvinden først naar sit maksimalt i 70-aarene, turde det maaske hænge sammen med den kjendsgjering, at det væsentlig er kvinder av »en viss alder« som er piperøkere.

I et meget betydelig antal tilfælder betegner anmeldelserne ogsaa patienten som »sterk røker«, »kridtpiperøker«. Men leilighetsvis gjøres det dog opmerksom paa, at canceren er optraadt paa den side av munden hvor pipen *ikke* pleiet at hvile.

3. Mundhulen (Cavitas oris).

	Under 20		20-29		30-39		40-49		50-59		60-69		70-79		80-89		90 og over		Uopgit	
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
Os					1		6	3	8	8	12	10	10	4	3		1		1	
Gingiva									1	1	2	1								
Maxilla sup.					1	1	3	2	6	3	2	5	6		1					
Lingva					2	1	5	4	6	6	19	9	5	3	2	2				
					3	2	12	15	17	21	36	22	20	13	5	3	1		1	
					5		27		38		58		33		8		1		1	
					mænd 95 + 76 kv. 171															

Under carcinomer i mundhulen er opført alle de carcinomer som ifølge de mottagne meddelelser maa antages at være utgaat fra dennes slimhinde, tungecancerne indbefattet. Medregnet er ogsaa de under diagnosen cancer maxillæ sup. indsendte tilfælder hvor utgangspunktet maa henlægges til mundslimhinden; derimot er de maxillecancere hvis utgangspunkt maa være antrum Highmori eller næsehulheten, opført under respirationstractus.

Ogsaa for mundhulens vedkommende er mændene i flertal (55.5 $\%$).

Tungecancerne antal er 64, vel 37 $\%$ av det hele antal mundhulecancere.

4. Spiserøret (Oesophagus).

	Under 20		20—29		30—39		40—49		50—59		60—69		70—79		80—89		90 og over		Uop- git			
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.		
Pharynx						I					I		I									
Oesophagus . . .					4	3	6	3	15	8	23	14	13	11	2	4			I	I		
					4	4	6	3	15	8	14	14	14	11	2	4			I	I		
					8		9		23		28		25		6				2			
					m. 56 + 45 kv.																	
					101																	

Meget sandsynlig omfatter gruppen ogsaa en del ventrikeltumorer (cardialtumorer) med stærke strukturfænomener.

5. Ventriklen.

	Under 20		20—29		30—39		40—49		50—59		60—69		70—79		80—89		90 og over		Uop- git	
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
Ventrikel			4	4	28	28	96	78	180	130	210	151	110	91	23	18	1	4	9	10
Ventr. (pyl.) . .					3	1	10	4	10	8	11	10	4	6	1			1		2
— (cardia) . .							4		12	1	14	5	16	3	1	3				1
— (curv. min.) .								1	1			1								
			4	4	31	31	110	83	203	139	234	167	130	100	25	21	1	5	9	13
			8		62		193		242		401		230		46		6		22	
			m. 747 + 563 kv.																	
			1310																	

Som vanlig leverer ogsaa i Kræftkomiteens materiale ventrikelen det overveiende største antal tumorer, henimot en trediedel, 31.4 %, av samtlige anmeldte tilfælder.

Der er et bestemt overskud for mændenes vedkommende, 57 %, mot 43 % kvinder.

Endel av anmeldelserne har angitt nærmere lokalisering av svulsten inden ventrikelen (pylorus, cardia, curvatura minor o. s. v.), særlig da for de opererte eller obduerte tilfælders vedkommende. Men da størstedelen av tilfælderne selvfølgelig ikke har kunnet bli saaledes specielt karakterisert, kan de her foreliggende opgaver ikke anvendes til derpaa at begrunde nogen mening om hyppigheten av de specielle lokaliseringer av ventrikeltumoren.

6. Tarmkanalen (Tractus intestinalis).

	Under 20		20—29		30—39		40—49		50—59		60—69		70—79		80—89		90 ogover		Uop- git	
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
Intest. tenuis. . .								2	1	2		3 ¹		2						1
Coecum.							1	1	3	3	1	3 ²	2	3 ³		2				2
Colon.						1	1	1 ⁴		1	2	3 ⁵		4						
Col. ascend. . .						1	1	1	1			1		1						1
" transv. . . .						1		1		2	2	1	1							
" desc.						2		2 ¹		1	1	2 ⁶				1		1		
S-Roman.			1					1	4	6	6	3	1	1	2	1				
Rectum.			1		1	4	10	13	22	17	28	32	17	16	7	4	2		1	
Intestinum. . . .							1	2	1	5	3	2	2	1	1	2				
			3	2	4	6	14	23	32	37	53	50	23	28	10	10	2	1	1	4
			5		10		37		69		103		51		20		3		5	
			$\underbrace{\hspace{10em}}_{142 + 161}$																	
			303																	

Efter ventriklen (1310) og læben (326) viser tarmkanalen de største tal for cancerlokalisering (303). Mere end halvparten (177, 89 m., 88 kv.) av tilfældene er lokaliseret i rectum.

Intestinalcancerne vises her fortrinsvis at findes hos kvinder (53.1 %).

7. Lever (Hepar).

	Under 20		20—29		39—39		40—49		50—59		60—69		70—79		80—89		90 og over		Uop git					
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.				
Lever (hepar) . .					3	2			3	6	7	10	9	3	4	1	5							
— hilus . . .												2												
Cystis fellea . . .								2	1	7			2		2		2							
Duct. choled. . . .									1	1														
					3	2			5	8	15	12	11	3	6	1	7							
					5			5		23		23		0		8								
					27 + 46																			
					73																			

- 1 1 tilf. i pylorus.
- 2 1 appendix.
- 3 2 tilf. valv. Bauhini.
- 4 1 tilf. flex. dextra.
- 5 2 tilf. fl. dextra.
- 6 1 tilf. flex. sin.
- 7 1 tilfælde anus.

Under 20	20 - 29		30 - 39		40 - 49		50 - 59		60 - 69		70 - 79		80 - 89		90 or over	Up- git	
M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.

For 28 av disse er diagnosen bekræftet ved operation eller obduktion, oftest samtidig ogsaa mikroskopisk.

9. Respirations-tractus.

	Under 20		20-29		30-39		40-49		50-59		60-69		70-79		80-89		90 og over		Uop- git					
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.				
Cavitas nasi . . .										I				I										
Antr. Highmori. .					I				I	I														
Larynx										3	3					I								
Lungerne (pul- mones)					I		3 ¹		I	3 ²	1	I	2											
					I	I	3		2	8	4	I	3	I										
					2		3		10		5		4											
					13 + 11																			
					24																			

10. Nyren og urinveiene. (Ren et viæ urinariæ).

	Under 20		20-29		30-39		40-49		50-59		60-69		70-79		80-89		90 og over		Uop- git			
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.		
Nyren (ren) . . .			I	I	2	2			2		4			I	2	I						
Vesica urin. . . .					I	4	2	5	3	3	I	4		I						I		
Urethra.									I					I								
			I	I	3	6	2	5	6	3	5	4	3	2	I					I		
			I		4		8		11		8		7		3							
			22 + 21																			
			43																			

Av de 16 tilfælder av cancer renis er de 10 bekræftet ved operation eller sektion.

11. Ytre kjænsorganer. (Genitalia externa).

	Under 20		20-29		30-39		40-49		50-59		60-69		70-79		80-89		90 og over		Uop-git	
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
														</						

¹ Et av disse tilf. bekræftet ved sektion.

² Alle 3 bekræftet ved sektion.

Under denne rubrik indbefattes diagnoserne cancer penis, scroti, c. labii majoris, l. minoris, vulvæ et clitoridis:

Egentlig kan vel alle disse her nævnte regnes som hudcancere, eller stilles meget nær disse, men de opføres gjerne som egen gruppe, og for at lette sammenligningen følges denne tradition her.

12 a. Indre kjønsorganer hos mænd. (Genitalia interna masculina).

	Under 20	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90 og over	Uop- git
Prostata					5	5	10	1		2
Testis			2	1	1					
Epididymis			1							
			3	1	6	5	10	1		2
28										

Av samtlige 1610 carcinomer hos mænd har saaledes kun 29 eller 1.8 % sit utspring i de indre genitalia.

12 b. Indre kjønsorganer hos kvinder. (Genitalia interna feminina).

	Under 20	20—29	30—39	40—49	50—59	60—69	70—79	80—89	90 og over	Uop- git
Uterus		12	34	77 ¹	82	42	17			9
— port. vag.		3	15	21	15	9				4
— cervix . .		2	6	11	13	10	1			1
— corpus . .			2	4	8	2	1			
		17	57	113	118	63	19			14
Adnexa uteri . .	1	1		1	1					
Vagina		1	1		4	5	4	2		
Ovarium		2	3	5	3	1				
— dextrum . .		4		4	6	4	2			
— sin.	3	1	5	4	5	2	3			
— utriusque . .	1	1								
Ovariet tils.	4	8	8	13	14	7	5			
Sum	4	27	66	127	137	75	28	2		14
500										

Av samtlige 2174 carcinomer hos kvinder er saaledes 500, ellsr 23 %, lokalisert i de indre genitalia, derav 421 (19.3 %) i uterus, 21 (1 %) i uteri adnexa og vagina samt 59 (2.7 %) i ovarierne.

¹ Derav 2 stkr. deciduoma malignum (no. 902 og 903).

Imidlertid er der dog nogen avvikelse mellem de enkelte grupper.

Carcinomer i hud, læbe, mundhule, oesophagus, ventrikel, tarmkanal, ytre genitalia samt indre genitalia hos manden viser de største tal blandt individer i *60-aarene*.

For pankreas, respirationstractus, nyren og urinveiene ligger aldersmaximum i *50-aarene*. Antallet av disse kræftlokalisationer i komiteens materiale er dog meget litet. Naar imidlertid 50-aars gruppen som helhet viser et stort tal, skyldes det den omstændighet, at baade ventrikelcancerne samt cancer i mamma og i de kvindelige genitalia ogsaa inden dette aldersdecennium forekommer i betydelig antal, om end ikke nogen av disse lokalisationer har sit aldersmaximum her.

Kræften i de indre kvindelige genitalia (særlig uterus) samt i mamma naar sit aldersmaximum allerede i *40-aarene*, altsaa hele 20 aar før det gjennemsnittlige aldersmaximum for alle kræfttilfælder tilsammentagne, eller for ventrikelkræften.

Paa omstaaende kurve (s. 46) vil dette forhold meget tydelig sees.

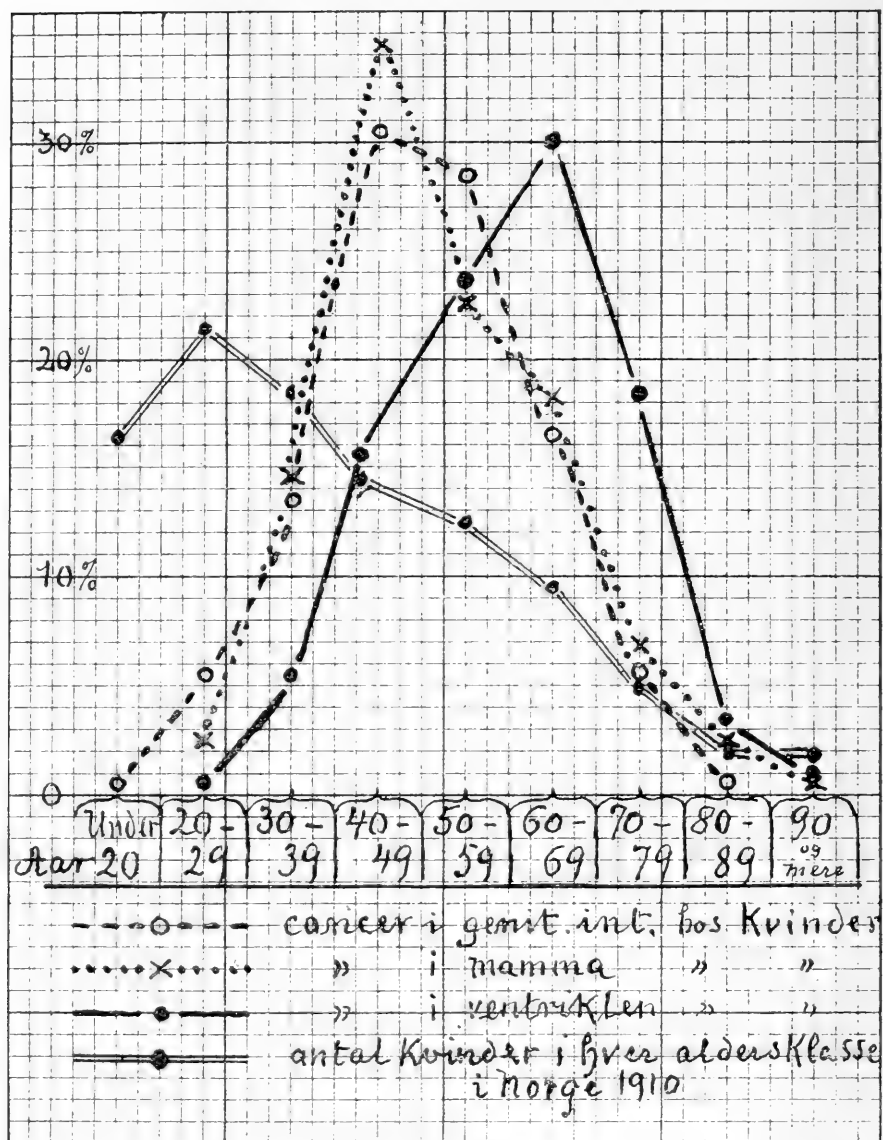
Kurven for cancer uteri og cancer mammæ falder her temmelig nøie sammen, begge med maximum i *40-aarene*, medens toppunktet for cancer ventriculi ligger i *60-aarene*.

Dette forhold hos kræft i uterus og mamma turde maaske sættes i forbindelse med tidlig alderdom og dermed sammenhengende ændring i *biologisk* henseende, til hvilke disse kvindelige organer i reproduktionens tjeneste er hjemfaldne, og som har sit uttryk i klimakteriet.

I motsætning hertil kan nævnes at av de 5 tilfælder av cancer mammæ hos mænd forekommer de 4 hos 60-aars individer; to av dem er papillecancere.

Det kan i denne forbindelse ha sin interesse at se litt noiere paa tilfælderne av *carcinom hos unge individer*.

Av *carcinomer hos individer under 25 aar* indeholder Kræftkomiteens materiale 24 tilfælder (5 mænd, 19 kvinder), fordelt paa organer, alder og kjøen som tabellen s. 47 viser.



Kurve II viser at kræft i de indre genitalia og i mamma hos kvinder optræder med sin største mængde 20 aar tidligere end kræft i ventriklen hos kvinder.

	14		15		18		19		20		21		22		23		24		25		Tils.	
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
Ovarium		1				2		1						1				1		2		8
Uterus										1 ¹		1		1		1				2		4
Mamma																				2		4
Cutis			1 ¹		1 ¹														1	2		1
Parotis											1											1
Ventrikel												1					1				2	
S-Roman.								1												1		1
Ren											1											1
	1		1		1		2		1		1		3		1		2		1		1	
	1		1		3		1		2		3		3		1		2		7		5	
																					19	
																					24	

Det vil her være iøjnefaldende at av disse 24 tilfælder rammer de 16 d : 66 $\frac{0}{10}$ de kvindelige genitalia.

Utvider vi aldersgrænsen til det 30te aar, finder vi i tidsrummet mellem det 20de—30te aar 64 tilfælder av carcinom og av disse 41 lokalisert i uterus, ovarium og mamma, ogsaa her 64 $\frac{0}{10}$ av samtlige.

Tar vi utelukkende hensyn til *carcinom hos individer ikke over 20 aar*, finder vi 8 tilfælder, 3 mænd, 5 kvinder. Av de 5 carcinomer hos disse ganske unge kvinder er 4 lokalisert i ovarierne, 1 i mamma. Det sidste er maaske noget tvilsomt, da den mikroskopiske undersøkelse vakler mellem diagnoserne skirrhus og adenofibrom (Ullevaal lab.).

Ser vi hen til den store rolle som høiere alder i det hele spiller for carcinomets forekomst, trænger den tanke sig frem i forgrunden, at denne carcinomets fortrinsvise optræden i generationsorganerne hos unge kvinder er et uttrykk for en senilismus præcox (se side 45).

De 8 tilfælder av carcinom hos individer under 20 aar er følgende:

- L.no. 873. Kvinde, 14 $\frac{1}{4}$ aar. Cancer ovarii utriusque.
Mikrosk.: Kræftkomiteens no. 236. Carcinoma simpl.
- 3999. Mand, 15 » Cancer cutis nasi.
RH. Path.-anat. inst. Ulcus rodens (pl. ep. c.).
- 1058. Kvinde, 18 » Cancer ovarii.
(Bergens sykehus).
- 2723. Mand, 18 » Cancer cutis nasi.
RH. Path.-anat. inst. Ulc rodens.
- 3513. Kvinde, 18 » Cancer ovarii (?) sin.
Provelaparotomi. RH. kir. avd. b.
- 2946. Kvinde, 19 » Cancer ovarii (?).
Provelaparotomi. Mikrosk.: Teratoma (malignum?).
- 3776. Mand, 20 » Cancer S-Romani (Bergens sykehus).
Provelaparotomi, inoperabel.
- 2189. Kvinde, 20 » Cancer mammæ.
Skirrhus (adenofibroma?). Ullevaal sykeh.

¹ Begge cancer cutis nasi.

B. Sarkomer.

Meget iøjnefaldende ved Kræftkomiteens materiale er det forholdsvis *store antal* sarkomer, ialt 390 tilfælder av 4219 maligne svulster, altsaa hele 9.3 %, medens sarkomerne i mortalitetsstatistiken for aarene 1902—11 gennemsnitlig kun viser 5.36 % av alle maligne svulster.

Sarkomernes *fordeling paa kjønn* falder endvidere saaledes, at av de 390 tilfælder er 167 (42.3 %) mænd, 223 (57.7 %) kvinder. Dette viser i forhold til den nævnte mortalitetsstatistik et betydelig overskud for kvinderne, som her for sarkomernes vedkommende er i mindretal med 47.8 % mot mændenes 52.2 %.

Aarsakerne til disse avvikelser i Kræftkomiteens materiale fra mortalitetsstatistikens norm er ikke let at paapeke. Specielt kan det bemerkes, at Kræftkomiteens meddelelser ikke i særlig mon skriver sig fra de dele av landet hvor sarkomerne ellers er hyppigst (se s. 23).

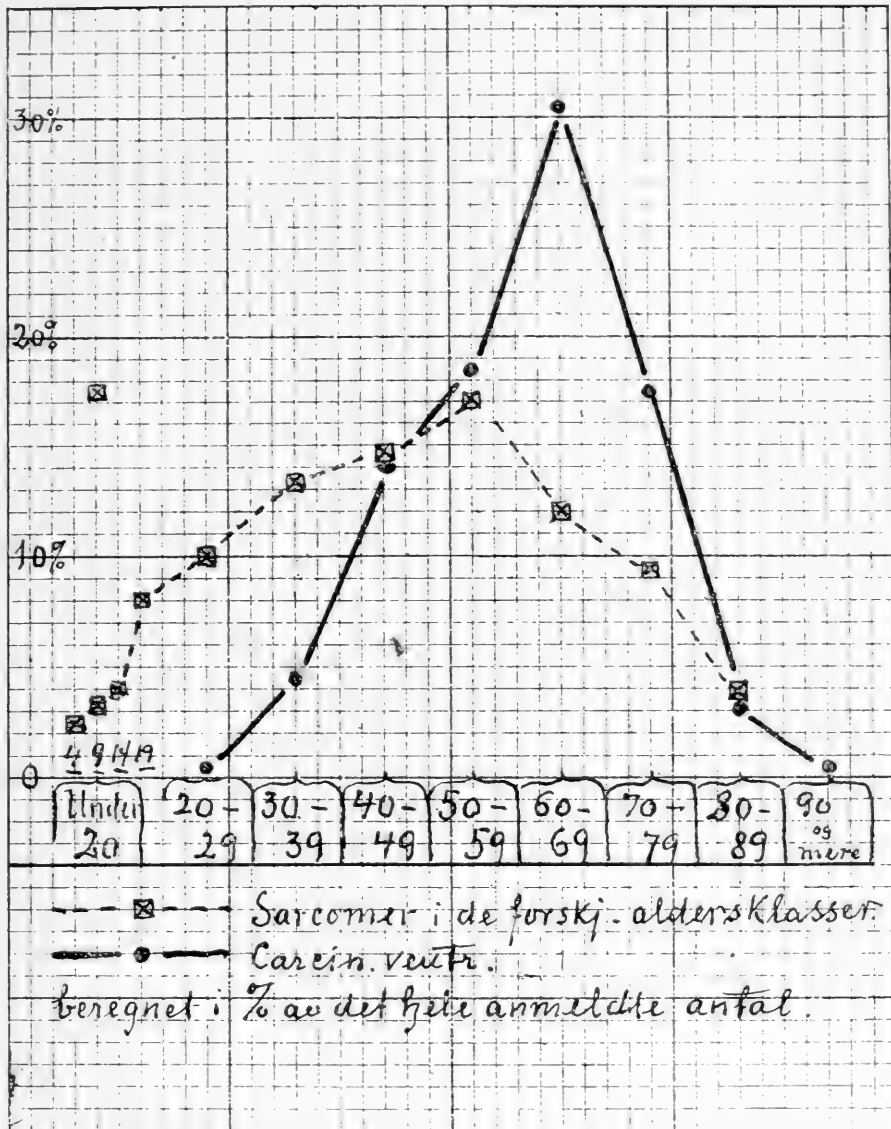
Sandsynligvis har ogsaa her tilfældige og subjektive forhold gjort sig gjældende, saasom tilfældenes kliniske interesse, patientens ungdom o. l. samt mulig enkelte stedlige forhold (se s. 93).

Alder. Det vel kjendte faktum, at sarkomerne i langt høiere grad end carcinomerne ogsaa angriper yngre individer, kommer ogsaa her meget tydelig frem, som nedenstaaende tabel vil vise.

Sarkomer fordelt efter alder og kjønn.

Under 5		5—9		10—14		15—19		20—29		30—39		40—49		50—59		60—69		70—79		80—89		90 og over		Ikke opgit	
M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
3	8	6	6	8	8	13	18	15	25	21	31	23	34	34	30	18	32	16	20	7	5			3	6
11		12		16		31																		9	
23				47				40		52		57		64		50		36		12					
m. 167 + 223 kv.																									
390																									

I motsætning til carcinomerne viser sarkomerne en meget jevnere fordeling over de forskjellige aldersgrupper, hvilket bedst sees av efterfølgende kurve.



Kurve III viser den forskjellige fordeling paa aldersgrupper hos sarkom og carcinom.

Sarkomernes ordning efter deres *utgangspunkt i de forskjellige væv* eller *legemsdele* frembyr visse vanskeligheter, idet de anmeldende læger ikke er gaat ut fra noget enhetsprincip, men har snart alene opgit vedkommende legemsdel som sæte, snart ogsaa det specielle væv eller organ fra hvilket svulsten antoges at ha sit utspring.

Denne usikkerhet er selvfølgelig for en væsentlig del en følge av vanskeligheten ved altid sikkert at paapeke fra hvilket av legemets støttevæv en sarkomsvulst er utgaat.

Imidlertid noteres ikke sjelden lymfeknuder, muskler og bensubstans som utgangssted, likesaa forskjellige indre organer.

I vedfølgende fortegnelse er gjort et forsøk paa at ordne de mottagne 390 sarkomer efter deres lokaldiagnoser, saaledes at de sarkomer som betegnes, eller med sandsynlighet maa antages at være utsprungne fra huden eller det ydre legemes bindevæv, er ordnet efter legemsregioner, medens de øvrige er opført under de vævssystemer og organer hvorfra de angives at stamme.

Grænserne mellem de enkelte grupper er dog meget vage og usikre, og ordningen gjør saaledes ingen fordring paa at være korrekt. (Se omstaaende liste s. 51).

Tiltrods for det forbehold hvormed denne liste fremsættes, vil den dog gi visse oplysninger.

Det vil sees at de fleste sarkomer, 42 $\frac{0}{10}$ av det hele antal, stammer fra hud og ydre bindevæv; dernæst kommer bensystemet med 27.6 $\frac{0}{10}$.

I førstnævnte gruppe, hud og bindevæv, findes de fleste sarkomer lokalisert paa laaret (32) samt paa hals og nakke (25) og i reg. parotidea (11). Det er dog ikke utelukket at endel av disse sarkomer paa laaret kan stamme fra periost eller benet, de paa halsen fra lymfeknuder, og de paa reg. parotidea fra selve glandelen.

Av de sarkomer der betegnes som utgaat fra *bensubstansen*, eller som efter de ledsagende oplysninger nogenlunde sikkert tør ansees for at være det, sees det største antal at være fra over- og underkjæven (20 + 16), dernæst fra »crus« (12) og sternum (8).

Fra *musklene* angives 9 sarkomer, derav de 8 (!) fra m. rectus abdominis.

Endelig lokaliseres 39 sarkomer i de *indre genitalorganer*, derav 20 i ovariet, 13 i testis og epididymis.

Sarkomer ordnet efter organer og legemsdele.

Sarkomer.		Sarkomer.	
I. <i>Hud og Bindeævv. (Cutis et tela).</i>		IV. <i>Systema ossium.</i>	
Pars capill. capit.	I	Cranium.	2
Frons	I	Cavitas nasi	I
Palpebra	I	Maxilla sup.	20
Conjunctiva	I	Palat. durum	2
Bulbus oculi	6	Maxilla inf.	16
Chorioidea	2	Costæ	4
Retina	I	Sternum	8
Orbita	4	Clavicula	3
Reg. zygomat.	4	Scapula	3
" præauric. et ang. max.	6	Columna	5
" parotidea (parotis)	11	Os humeri	2
Meat. audit. ext.	I	Ossa antibrachii	I
Labium inf.	I	Radius	I
Os.	4	Coxa	5
Gingiva	4	Os ilei	4
Collum et nucha	24	" pubis	I
Lig. nuchæ	I	Ossa pelvis	I
Thorax	I	Os femoris	6
Cutis mammæ	I	Genu	4
Axilla	2	Ossa cruris	12
Humerus	4	Tibia	I
Cubitus	2	Fibula	I
Antibrachium	I	Mall. extern.	2
Digitus manus	9	Os calcanei	I
Paries abdomin.	5		106
Penis et scrotum	3	V. <i>Fordøielsesorganer, indre kjærtler, nervesystemet. (Tract. digest., gland. internæ, syst. nervorum).</i>	
Vulva	3	Pharynx	2
Cutis dorsi	4	Oesophagus	I
Nates	3	Ventrikel	2
Ingvén	I	Intestinum	I
Fossa ovalis	I	Colon	I
Femur	32	Rectum	I
Poplitea	2	Hepar	3
Crus	4		11
Pes	8	Ren	5
Digitus pedis	I	Caps. supraren.	I
Sarcomatosis cutis	I	Larynx	I
	161	Pulmo	2
II. <i>Gland. lymphet.</i>		Uterus	5
Gl. lymph. colli	4	Ovarium	20
" — ingv.	6	Testis	10
" — axillæ	I	Epididymis	3
Mediastin.	11	Prostata	I
Tonsilla	4	Mamma	5
	26	Gl. thyreoid.	4
III. <i>Systema muscul.</i>		Abdomen	3
M. sterno-cl.-mast.	I	Pelvis	2
" rectus abdom.	8	Cerebrum	8
	9	Cerebellum	I
			71
		Ikke opgit	6
			390

Multiple maligne svulster.

Til multiple svulster henregnes kun saadanne tilfælder hvor 2 eller flere maligne tumores optræer primært hos samme individ, enten samtidig eller til forskjellig tid, men begge av saadan beskaffenhet eller under saadanne forhold at de ikke kan bringes i indbyrdes forbindelse som metastaser eller recidiver av hverandre, ei heller efter en tidligere for begge fælles primærsvulst

Ved svulster som utgaar fra forskjellig væv og har forskjellig histologisk struktur, er avgjørelsen forholdsvis let, idet den mulighet er sat helt ut av betragtning, at metastase fra en bestemt svulst i fremmed væv skulde kunne optræde med ændret histologisk struktur.

Hvor svulsterne er utgaat fra samme væv og med samme struktur, men til forskjellig tid, kan det spøragsmaal opstaa, om der foreligger en multipel svulstdannelse eller et recidiv, resp. en metastase.

Recidiv efter operation vil være begrænset til det oprindelige operationsfelt, arret, eller dettes nærmeste omgivelser.

Metastaserne vil som den store regel findes inden lymfeapparatet i forbindelse med det primært angrepne sted.

Av saadanne *multiple svulster*¹ er til Kræftkomiteen meldt tilsammen 32 tilfælder — 0.76 % av samtlige, med en undtagelse (?) (se nr. 25 paa følgende liste) alle *dobbeltsvulster*. Derav 25 hvor begge² svulster er carcinomer, 6 hvor den ene svulst er carcinom, den anden sarkom, 1 sarcoma duplex. Desuten 1 tilfælde av sarcomatosis cutis med multiple sarkomer.

I 21 av disse tilfælder er diagnosen for begge svulsters vedkommende stillet ved operation eller mikroskopisk undersøkelse. I 7 tilfælder er blot den ene av svulsterne mikroskopisk verificeret, og endelig er i 5 tilfælder diagnosen alene gjort klinisk for begge svulsters vedkommende. Imidlertid er diagnosen for alle de her medtagne tilfælders vedkommende saa liketil, efter hvad der kan dømmes av de indsendte meddelelser, at den ogsaa for de kasus hvor den kun er gjort klinisk, tør være fuldt paalidelig. Se tabel 18 side 54 ff.

¹ Om disse multiple svulster er $\frac{10}{11}$ 1915 git meddelelse i Medicinsk Selskab i Kristiania.

² I et tilfælde alle 3.

Antagelig kunde ogsaa flere være tat med, særlig hvad sarkomer angaar, da ikke helt faa av meddelelserne om disse nævner flere end én svulst hos samme individ, uten dog at metastaser med sikkerhet kunde utelukkes.

Listen er her begrenset til hvad der efter de foreliggende oplysninger maatte kunne ansees for sikkert.

Av de 32 tilfælder er *plateepithelet* utgangspunkt for den først iagttagne eller mest fremtrædende svulst i de 15 tilfælder (9 fra hud, 6 fra læbe).

Og i 6 av de 9 hudkasus er ogsaa den senere optrædende svulst lokalisert i huden (ansigt, læbe, haand), 2 gange i rectum, 1 i ventrikelen.

Ved de 6 læbecancere sees hos 4 ogsaa den anden tumor at være lokalisert i læben; kun i et av disse tilfælder er den senere tumor (overlæbe-kreft) saaledes lokalisert at stedet kunde foranledige mistanke om direkte overførelse (»avtryk«). Men her var den første tumor exstirpert 16 aar før den anden optraadte.

I det hele gaar der ved disse hud- og læbecancere for det meste lang tid før tumor no. 2 optrær — 3, 3, 5, 10, 12, 15, 16, 16, 18, 20 op til 23 aar; kun to ganger noteres de to svulster at være optraadt omtrent samtidig i løpet av 1 aars tid.

Av de 5 tilfælder fra *ventrikel og tarmkanal* viser derimot de 4 en samtidig optræden av begge (alle) tumores; kun i 1 tilfælde er der en tidsforskjel av antagelig henimot 3 aar. Listens no. 16 er et multipelt ventrikelcarcinom, no. 2 et tripel-carcinom i ventrikel, coecum og flex. coli d.

En 4de gruppe danner de 5 *carcinomer i begge mammae*. Derav 3 hvor utviklingen av begge siders svulster finder sted samtidig eller med mindre end 1 aars mellemrum; i de to andre rammes det sidst angrepne bryst 3, resp. 4 aar efter at svulsten har optraadt i det første, der er blit operert og atter har recidivert.

Om *carcinom og sarkom* hos samme patient meldes 6 ganger. I de 5 av disse synes carcinomet at ha optraadt først eller være bemerket som det væsentligste: men i alle tilfælder har svulst no. 2 været bemerket senest 2 aar efter den første.

Den geografiske fordeling av forskjellige kræftlokalisationer.

Ved gjennomgaaelsen av det til Kræftkomiteen indkomne materiale viser det sig at visse lokalisationer av kræft, f. eks. til ventrikelen, hud, uterus og mamma, forekommer særlig hyppig — eller særlig sjelden — i bestemte dele av landet, et forhold som tidligere MUNCH SØEGAARD og

Tabel 18. Multiple maligne svulster (til s. 52).

a. *Carcinom + carcinom.*1. *Første tumor paa huden.*

No.	Kræftkomit. s. l.-no.	Første optrædende svulst	Aar	Operert, obduceret mikroskopert	Anden optrædende svulst	Aar	Operert, obduceret, mikroskopert	Tids-afstand	Meddelt av
1	3942	Ulc. rodens reg. zygomat. 1 sin.	1892 (?)	Op.	Ulc. rodens reg. temp. sin.	1912		20 aar	Dr. Thoner, Gol.
2	4213	Ulc. rodens reg. zygomat. 1 d.	1903	Op. 1910	Ulc. rodens reg. zygomat. 1 sin.	1912	Op. mikr.	9 aar	Dr. Wille, Stokmarknes.
3	1717	Ulc. rodens reg. temporis sin.	1910 (ældre)		Cancer anguli oris d.	1910	Op. mikr. P. A. K. 521	Samtidig?	Dr. Amundsen, Valdres.
4	2305	Cancer cutis p. capill. capitis	1905	Op. mikr.	Cancer cutis dorsi m. nus	1908	Op. mikr. P. A. K. 770	3 aar?	Dr. M. Sandved, Bratsberg amtssykeh.
5	2991	Ulcus cutis nasi	1910		Cancer lab. inf. Desuten tuberkulose halsglander (mikr.)	1910	Op. mikr. P. A. K. 1128	Samtidig	Dr. Kr. Hougen, Bratsberg amtssykeh.
6	3224	Ulc. rodens nasi	1908	Beh. av prof. C. Boeck, nu et dypt ar.	Cancer ventr.	1911	Op.	3 aar	Dr. Scheen, dr. Schilling, Kristiania.
7	176	Ulc. rodens reg. buccalis d.	1893	Op.	Cancer recti	1908	Inop.	15 aar	Dr. Marcussen, Gjøvik.
8	1330	Ulc. rodens cutis rad. nasi	1908		Cancer recti	1909	Inop. † 1909	1 aar	Dr. W. Holland, Stenkjær.
9	1446								

2. *Første tumor paa læben.*

10	432	Cancer labii	1890	Op. (Malthé)	Cancer labii inf.	1908	Op. mikr. P. A. K. 126	18 aar	Dr. Weifing.
11	1711	Cancer labii inf. lateris dextri	1893	Op. (Lønning)	Cancer labii inf. lateris sin.	1909	Op. mikr. P. A. K. 539	16 aar	Dr. Mossige, Maalselven.
12	3923	Cancer labii inf. lateris sin.	1896	Op. (Uchermann)	Cancer labii sup. lateris sin. (tilsvarende tilsvulststedet paa underlæben)	1903		7 aar	Dr. Thoner, Gol.

13	767	Cancer labii inf.	1906	Op.	Cancer palp. inf. canthi int.	1909	Op. mikr. P. A. K. 218	3 aar	Dr. Kr. Andersen, Kr.sand.
14	1655	Cancer labii inf.	1898	Op.	Cancer ventr.	1901		3 aar	Dr. N. Lunde, Brufat.
15	3258	Cancer labii	1888	Op. ca. 1895	Cancer ventr. ?	1911		Ca. 20 aar	Dr. E. Magelssen, Diakonhjemmet.

3. Første tumor i ventrikel og tarmskand.

16	1038	Cancer ventr. multiplex	1909 †	Obd. Bergens sykelus.	I ventrikelen talrike tu- mores indtil av halv valnøtts størrelse, saa- vel i slimhinden som i ventrikelveggen. En krans av svulster rundt cardia, enkelte ulcere- rende. Ingen metastaser.	1893	Op. fraraadet av dr. Wild- hagen Obd.	Samtidig	Bergens sykelus. Dr. Thoner, Gol.
17	3921	Cancer ventr.	1893		Cancer recti	1909	Obd.		Dr. E. H. Hansteen, Ulle- vaal. Obd. 156/1909
18	856	Cancer coli	1909	Obd.	Cancer recti "To store vel utviklede cancere"	1911	Obd. Ulle- vaal S. 1170/1911	Samtidig	Dr. Danelius, Ulleval s.
19	1145	Cancer recti et ani	1911	Op. Ulleval	Cancer appendicis coeci "Antagelig opfattet som en cancer duplex"	1908	Obd. Ulle- vaal 323/08	Samtidig	Dr. E. H. Hansteen, Ulle- vaal (Triplex).
20	500	Adenocarcin. ventriculi	1908	Obd. Ulleval	Adenocarc. coeci et Adenocarc. flex. coli d.				

4. Mammacancer.

21	97	Mamma d.	1906		Mamma sin. V. mamma særlig kolossal, huden mellem dem infil- trert, "cancer en cuirasse"	1906	Obd. 1908	1 aar	Dr. B. Berthom.
----	----	----------	------	--	---	------	-----------	-------	-----------------

4. *Mammacancer.*

No.	Kræftkomit. l.-no.	Første optrædende svulst	Aar	Operert, obducent mikroskopert	Anden optrædende svulst	Aar	Operert, obducent, mikroskopert	Tids-afstand	Meddelt av
22	573	Mamma d.	1907 (antagelig ældre) ca. 1896		Mamma sin.	1908 †			Dr. Samuelsen, Kongsberg.
23	616	C. mammae d.		Op. 1904. Rec. 1906.	C. mammae sin.	1907 † 1908 1909		11 aar	Dr. Samuelsen, Kongsberg.
24	472	C. mammae sin.	1903	Op. 1903. Rec 1908	C. mammae d.	1910	Op mikr. P. A. K. 334 Op. mikr. RH. P. A. I.	6 aar 2 mdr.	Dr. R. Aarberg, Bratsberg amtssykeh. Stavanger sykeh.
25	3307	C. mammae sin.	1910		C. mammae d.				

b. *Carcinom + sarkom (sarkom + carcinom).*

No.	Kræftkomit. l.-no.	Første optrædende svulst	Aar	Operert, obducent mikroskopert	Anden optrædende svulst	Aar	Operert, obducent, mikroskopert	Tids-afstand	Meddelt av
26	148	Adenoc. ventr. + metast. ad syst. ossium.	1908	Obd.	Sarcomata ovarii utriusque	1908 †	Obd. Ullevaal IV	Samtidig	Dr. A. de Besche, Ullevaal sykehus.
27	1333	Cancerventr. (medullare)	1908	Op. mikr. P. A. K. 394	Sarcoma gingivæ (alveolare)	1910	Op mikr. P. A. K. 526	2 aar	Dr. K. Hoisæt, Bratsberg amtssykeh.
28	459	Carcin. cutis auriculi sin.	1908 Metast. til gl. mastoid. 1909	Op. Op. mikr. P. A. K. 139	Sarcoma gl. suprclav. metast.	1909 †	Obd. Ullevaal 119/09	1 aar	Dr. E. H. Hansteen, Ullevaal lab.
29	2321	Carcin. solid. 1) Ulc. rodens canthi int. 2) Plateepithel. cancr. paa halsen (knytnævestor, under normal hud)	1910 1910	Obd. mikr. —	I en av glandelsvulsterne, like op til oesophagus og med gjennebrud av dennes væg, fandtes et spaltet sarkom	1910	Obd. Ullevaal 227/1910		Dr. E. H. Hansteen, Ullevaal lab.

30	686	Endothelioma colli, d.	1898	Op. 1908 mkr. RH. P. A. I.	Cancer lab. inf.	1908	Op. 1908 mkr. KH. P. A. I. Op. mkr. RH. P. A. I. 426/08 Obd.	10 aar	Dr. C. Manthey, RH. kir. afdeling. Dr. Th. Egeberg. Dr. O. Berner.
31	324	Lymphosarcoma colli	1907	Op. mkr. RH. P. A. I. 7/1907	Carcin. cutis lab. majoris	1908			

c. *Sarkom + sarkom.*

32	1963	Sarc. subcutan. reg. del- toid.	1905	Op. 1910	Sarc. subcutan. reg. glutæi	1905	Op. 1910 mkr. P. A. V. 593	Samtidig	Dr. Fodstad, Vikesund.
----	------	------------------------------------	------	----------	-----------------------------	------	----------------------------------	----------	------------------------

GARMAN ANDERSEN har paapekt, likesom flere av de læger der har sendt meddelelser til Kræftkomiteen, har været opmærksom herpaa.

Da meddelelserne har indløpt temmelig ujevnt fra de forskjellige egne i landet, vil der av komiteens materiale dog ikke kunne tegnes noget fuldstændig og korrekt billede av disse forhold, kun en foreløbig skisse.

Som grundlag for denne er valgt patienternes fødested, der antagelig gir det rigtigste udtryk for de virkelige forhold.

De fleste meddelelser har komiteen faat fra lægerne paa landet, hvor befolkningen er meget stabil, naar den da ikke helt vandrer til byerne eller ut av landet. Denne stabilitet finder i komiteens materiale sit udtryk deri, at av 4219 individer bor 465 \pm 11 % paa samme gaard hvor de er født, 1659 eller 39.5 % i samme herred og et endnu langt større antal i nærmeste nabolag, altsaa væsentlig under samme geografiske, klimatiske og sociale forhold som paa fødestedet.

Fra de større byer med deres betydelige indflytterbefolkning er kun notat et begrænset antal anmeldelser. Og en ikke ringe del av disse gjælder netop individer som er kommen til byen alene for at søke læge, og som rettelig bør opføres paa sit fødested.

For at kunne anvende nogenlunde store tal er undersøkelsen utført alene for de ovennævnte 4 talrikst repræsenterede cancerlokalisationer, og selv for disses vedkommende med uteladelse av en hel del distrikter fra hvilke de faatallige anmeldelser vilde gjøre en beregning helt værdiløs. Alene med disse indskrænkende forbehold er efterfølgende at forstaa.

I korthet kan billedet av de nævnte kræftformers geografiske fordeling angives saaledes:

Cancer ventriculi er temmelig jevnt utbredt, men med størst tæthed i Trøndelagen, paa Østlandet og i Nord-Norge.

Cancer cutis et c. labii findes væsentlig i Midt-Norges høiere liggende dalfører og nogen østlandske skogbygder, samt endel kyst- og fjordstrækninger paa Vestkysten.

Cancer uteri hyppigst i egne i Trøndelagen.

Cancer mammae spredt, dog mest paa Sørlandet, i Jarlsberg og Larvik, og flere dele av Vestkysten og i Trøndelagen, i nogen faa Sørlandsdistrikter: Aamli, Undal, Lyngdal og Flekkefjord; for Vestlandets vedkommende i hele Hardanger — ytre og indre —, Voss, Osterøen, N. Midthordland og Lindaas, Gulen, Ytre Søndfjord, Indviken, Indre Romsdal, Sundalen; Hitteren, Hevne, Inderøen og Grong i det Trondhjemske, samt nogen faa distrikter i Nordlands og Tromsø amter: Ranen, Bodø, Steigen og Maalselven.

Ventrikelkræft er selvfølgelig i de fleste distrikter den hyppigste kræft-lokalisation. Fra 63 distrikter indeholder de mottagne anmeldelser fra 46 til 60 % tilfælder av ventrikelkræft, for endel distrikter endog mere.

Ventrikelkræften er *sterkest utbredt* foruten i byerne Kristiania, Kristiansand, Bergen og Trondhjem særlig *i de østlandske storbygder*; med de høieste forholdstal staar saaledes samtlige distrikter i amterne Akershus, Smaalenene, Hedemarken (undtagen Trysil og Tønset) og Buskerud (undtagen Aal, Sandsvær og Rollag); desuten Hof i Jarlsberg, Skien og Hollen.

Rundt kysten sees ventrikelkræft at være fremherskende i spredte distrikter: Østre Nedenes, Aamli; Lyngdal; endvidere Finnø, Karmøen og Haugesund. Desuten i større dele av Søndre og Nordre Bergenhus amter, saaledes Ytre og Indre Hardanger, adskillige av distrikterne i Sønd- og Nordhordland samt Nordfjord og Romsdal. Endelig er der ogsaa et stort omraade for ventrikelkræften *i distrikterne omkring Trondhjem* — Hitteren, Hevne, Orkedalen, Strinden og Ytre Fosen, samt inderst i Trondhjemsfjorden — Levanger, Inderøen, Stenkjær og Grong. Desuten er i Nordlands amt ventrikelkræft ganske fremtrædende i adskillige distrikter, saaledes i strækningen fra Ranen til Steigen. Nordenfor blir tallene altfor smaa til at de kan danne nogetsomhelst grundlag for beregning.

Helt *faatallig* er ventrikelkræft meldt fra endel spredte distrikter som Rollag, Laardal og Tinn; (Setesdalen); Sogndal, Sandnes og Stavanger; Voss; Lærdal; Indre Søndfjord, Nordre Fosen og enkelte andre.

Kræft i hud og læbe (væsentlig i læben) er sterkest fremtrædende i Røros, (Lom), Ringeby, Nes og Aal, Nordre og Søndre Valdres, Sandsvær og Rollag, Telemarkens distrikter, Setesdalen, samt paa Sørlandet i Aamli, (Evje), Undal, Flekkefjord og Vanse, altsaa *i en række dalbygder langs Syd-Norges akselinje fra Dovre ned til Lister*. Desuten i en del kyst- og fjorddistrikter fra Stavanger opover i Bergenhusamterne, Sønd- og Nordfjord, samt spredte distrikter i Nordlands og Tromsø amter, hvor tallene dog er for smaa til at man tør lægge nogen vegt paa dem.

Sjeldnest findes læbe- (og hud-)kræft meldt fra de større byer — undtagen fra Stavanger lægedistrikt; likesaa synes den at være sjelden forekommende i Trøndelagen: Hitteren, Hevne, Ytre og Nordre Fosen, Levanger, Stenkjær, og for Nordlands amt i Brønnø, Alstahaug samt i Tromsø amt i Maalselven.

Fordelingen av *uteruskræft* er meget uregelmæssig.

Uteruskræft synes at *spille en betydelig rolle* i kræftmorbidityten for *visse dele av Trøndelagen*, saaledes Trondhjems by, Indre, Ytre og Nordre Fosen og Frosten; videre nordover i Alstahaug, Ranen, Sortland og

Maalselven; sydover i Nordmøre, Nordre Søndmøre, Lærdal, Voss, Egersund og Undal.

I store dele av landet synes derimot uteruskræft at være *temmelig sjelden*; men de distrikter hvorfra faa eller ingen tilfælder av denne lokalisation er meldt Kræftkomiteen, ligger saa spredt at nogen bestemt gruppering vanskelig kan paapekes. Dog tør det fremholdes at uterinkræften synes at optræde sjeldnest i de centrale landdistrikter. Det er desuten her stedet til at minde om, at dr. HENRICH SØEGAARD har paavist at uterinkræft er yderst sjelden i Ytre Hardanger, likesom at dr. GARMAN ANDERSEN senere har fundet det samme for Indre Hardanger, endog for de sidste 30 aar. Til begge disse undersøkelsesrækker er der ogsaa tat hensyn i denne sammenstilling.

Brystkræft er *sterkest repræsenteret*: paa Østlandet i Sandsvær, Tønsberg; paa Sørlandet i Vestre Nedenes, (Evje), (Setesdal); paa Vestlandet i en del kystdistrikter især omkring Stavanger og Bergen og videre nordover til Trøndelagen, hvor bygderne paa Trondhjemsfjordens syd- og østside viser høie forholdstal for mammacancer. Det samme gjælder ogsaa *byerne* Stavanger, Bergen og Trondhjem.

Mindst fremtrædende er mammakræft over en hel del av Østlandets flatbygder og tilstøtende dalfører: Follo, Eidsberg, Sarpsborg, Drammen, Nes, Aal, Rollag, Søndre Østerdalen, Rendalen, Hadeland, Søndre Valdres, Ringebu, Skien, Hollen, Kviteseid og Sauland.

Carcinomernes fordeling efter livsstilling.

Kræftkomiteens skemaer utviser godt og vel 80 forskjellige livsstillinger for de anmeldte kræftpatienter.

Men mange av disse livsstillinger repræsenteres kun ved nogen faa tilfælder, og da grænserne mellem dem ofte er vake og flytende, vil det ikke ha nogen interesse eller vise noget resultat at opstille nogen fordeling efter denne lange liste.

Livsstillingens mulige indflydelse paa utvikling av kræftsygdomme hos individet vil desuten alene kunne belyses statistisk ved at sammenholde tallet paa de inden enhver erhvervsgruppe angrepne med det samlede antal av vedkommende gruppe i det hele land.

Men da, som gjentagende fremhævet, meddelelserne til Kræftkomiteen har faldt meget ujevnt fra de forskjellige landsdele, og dermed ogsaa angaaende de forskjellige livsstillinger og erhvervsgrene, vil man ikke av det her foreliggende materiale kunne faa noget brukbart resultat paa den vis.

Mere oplysende vil det være at samle i større grupper tilfælder fra nogenlunde tilsvarende livsvilkår og arbeidsgrene og undersøke hvorledes de vigtigste kræftlokalisationer fordeler sig hos disse grupper.

Dette er her gjort for carcinomerne i ventrikel, hud og læbe, uterus og mamma hos 9 forskjellige grupper, samtidig med at der for hver gruppe er beregnet de forskjellige lokalisationers relative (o: procentvise) betydning.

Sarkomerne er ikke medtat paa grund av deres faatallighet.

Imidlertid kan det heller ikke her undgaaes at individer i temmelig forskjellige kaar og social stilling opføres i samme gruppe. Likeledes er det for kvindernes vedkommende inden de enkelte grupper ikke mulig konsekvent at skjelne mellem »hustruer« og de kvindelige fagarbeidere.

Kun for lærerstanden er en slik skjelen forsøksvis utført.

Tabel 20.

Livsstilling	Antal	Ventrikel			Hud, læbe			Uterus			Mamma		
		M.	K.	Tils.	M.	K.	Tils.	M.	K.	Tils.	M.	K.	Tils.
Jordbrukere	1034	322	180	502	249	60	309	79	79		144	144	
	M. 571 K. 463	56.3	39.0	48.5 ^{0/0}	43.7	13	3.00 ^{0/0}	17.1	7.5 ^{0/0}		31.4	14.0 ^{0/0}	
Arbeidere	538	183	92	275	76	20	96	99	99		68	68	
	M. 259 K. 279	70.3	32.9	51.1 ^{0/0}	29.7	7.2	17.8 ^{0/0}	35.6	18.4 ^{0/0}		24.3	12.6 ^{0/0}	
Haandverkere	285	119	44	163	23	19	42	39	39		41	41	
	M. 142 K. 143	83.8	30.8	57.2 ^{0/0}	16.2	13.3	14.7 ^{0/0}	27.2	13.7 ^{0/0}		28.7	14.4 ^{0/0}	
Kvindelig tyende, sy- og strykepiker	205		79	79		8	8	56	56		62	62	
				38.5 ^{0/0}		4.0	4.0 ^{0/0}	27.3	27.3 ^{0/0}			30.2 ^{0/0}	
Sjøfolk, fiskere	176	49	28	77	18	9	27	38	38		34	34	
	M. 67 K. 109	76.2	25.7	43.7 ^{0/0}	23.8	8.2	15.3 ^{0/0}	34.8	21.6 ^{0/0}		31.3	19.3 ^{0/0}	
Handlende	129	31	19	50	7	2	9	23	23		47	47	
	M. 38 K. 129	81.6	20.8	38.8 ^{0/0}	17.4	2.2	7.0 ^{0/0}	25.3	17.8 ^{0/0}		51.7	36.4 ^{0/0}	
Bestillingsmænd, politi og jernbanef.	67	31	11	42	4	4	8	9	9		8	8	
	M. 35 K. 32	88.6	34.4	62.7 ^{0/0}	11.4	12.5	11.9 ^{0/0}	28.1	13.4 ^{0/0}		25.0	11.9 ^{0/0}	
Embedsmænd, kunstnere, akademikere	65	14	8	32	4	2	6	8	8		29	29	
	M. 18 K. 47	77.7	17.0	33.9 ^{0/0}	22.3	4.3	9.1 ^{0/0}	17.0	12.3 ^{0/0}		61.7	44.6 ^{0/0}	
Lærere, telegrafister . . .	55	11	7	18	5	4	9	4	4		24	24	
	M. 16 K. 39	68.7	17.9	32.7 ^{0/0}	21.3	10.3	16.4 ^{0/0}	10.3	7.3 ^{0/0}		61.5	43.6 ^{0/0}	
	2554	760	468	1228 48.1	386	128	514 20.2	355	355 13.5		457	457 17.9	

Procenttallene angir vedkommende kræftlokalisations optræden inden samfundsgrupperne, utregnet saavel for de samlede tal som for mænd og kvinder hver for sig inden gruppen.

Kun 2554 tilfælder, altsaa vel 60 $\%$, av Kræftkomiteens materiale har kunnet medtages her, dels fordi individernes livsstilling hos de øvrige vanskelig kunde bringes ind under de nævnte grupper (saaledes betegnes 347 kvinder alene som »hustru«, »enke« eller lignende), dels fordi kræften hadde andre lokalisationer end de her valgte.

De paa foranstaaende tabel opførte forskjellige livsstillinger er her re-præsenteret i meget forskjellig antal, delvis av smaa tal. Man maa derfor kun med forsigtighet anvende tallene til direkte sammenligning.

Men selv med dette forbehold synes de dog at vise at de forskjellige kræftlokalisationer hjem søker de enkelte livsstillinger med forskjellig hyppighet.

Saaledes finder vi *cancer ventriculi*

	Mænd og kvinder tilsammen	Mænd	Kvinder
hos bestillingsmænd utgjør	62.7 $\%$	88.6 $\%$	34.4 $\%$
» haandverkere »	57.2 »	83.3 »	30.8 »
» arbeidere »	51.1 »	70.3 »	32.9 »
» jordbrukere »	48.5 »	56.3 »	39.0 »
» sjøfolk og fiskere. . . . »	43.7 »	76.2 »	25.7 »
» handelsstanden »	38.8 »	81.6 »	20.8 »
» kvindelig tyende »	38.5 »		38.5 »
» akademikere, kunstnere »	33.9 »	77.7 »	17.0 »
» lærerstanden »	32.7 »	68.7 »	17.9 »

av al kræft hos vedkommende samfundsklasse, saavel mænd og kvinder under ét, som beregnet hver for sig.

Det vil sees hvilken betydelig overvegt paa mandssiden ventrikelkræften har, mindst uttalt dog hos jordbrukerne, hvis kvinder har det høieste tal for ventrikelkræft. Ogsaa kvindelig tyende staar her høit.

Cancer cutis et labiorum viser en helt anden rækkefølge. Her kommer først

	Mænd og kvinder tilsammen	Mænd alene	Kvinder alene
Jorddyrkere med	30.0 $\%$	43.7 $\%$	13.0 $\%$
Arbeidere »	17.8 »	29.7 »	7.2 »
Lærerstanden »	16.4 »	21.3 »	10.3 »
Sjøfolk, fiskere »	15.3 »	23.8 »	8.2 »
Haandverkere »	14.7 »	16.2 »	13.3 »
Bestillingsmænd »	11.9 »	11.4 »	12.5 »
Embedsmænd, kunstnere »	9.1 »	22.3 »	4.3 »
Handelsstanden »	7.0 »	17.4 »	2.2 »
Kvindelige tjenere »	4.0 »		4.0 »

Den betydelige afstand her mellem de øverste og nederste grupper synes med en viss bestemthet at tyde paa indvirkning av forskjellige livsvilkaar og livsvaner. Vind og veir — og kridtpipe? paa den ene side, beskyttet stueliv paa den anden. Særlig er læbecancerne særdeles hyppige forekomst ogsaa hos jordbrukerne ganske paafaldende. Vistnok er lærerstanden kommen hoit op; men en del av de her opførte lærere er landslærere og lever i stor utstrækning under vilkaar som nærmer sig jordbrukernes, desuten er denne gruppe saa faatallig at kun nogen faa tilfælder mere eller mindre vil ha en sterkere indflydelse paa procenttallene.

Ser vi hen til de *for kvinder særegne kræftformer*, finder vi at for *cancer uteri* er anmeldt hos

Arbeidere	35.6 $\frac{0}{0}$	} beregnet for kvinderne alene	18.4 $\frac{0}{0}$	} beregnet for kvinder og mænd tilsammen.
Sjøfolk og fiskere. . .	34.8 »		21.6 »	
Bestillingsmænd	28.1 »		13.4 »	
Kvindelig tyende . . .	27.3 »			
Haandverkere	27.2 »		13.7 »	
Handlende	25.3 »		17.8 »	
Jordbrukere	17.1 »		7.5 »	
Embedsstand	17.0 »		12.3 »	
Lærerstand	10.3 »		7.3 »	

For *cancer mammae* stiller tallene sig saaledes:

Embedsstand	61.7 $\frac{0}{0}$	} beregnet for kvinderne alene	44.6 $\frac{0}{0}$	} beregnet for kvinder og mænd tilsammen.
Lærerstand	61.5 »		43.6 »	
Handlende	51.7 »		36.4 »	
Jordbrukere	31.4 »		14.0 »	
Sjøfolk og fiskere. . .	31.3 »		19.3 »	
Kvindelig tyende . . .	30.2 »			
Haandverkere	28.7 »		14.4 »	
Bestillingsmænd	25.0 »		11.9 »	
Arbeidere	24.3 »		12.6 »	

Sammenfattet i korthet viser disse tabeller at kræftens forskjellige lokalisationer veksler meget i hyppighet hos de forskjellige samfundsklasser.

Mest utsat

for *cancer ventriculi* findes bestillingsmænd, haandverkere, arbeiderne og jorddyrkerne — ikke alene mænd og kvinder under ét, men ogsaa for kvindernes vedkommende alene, om end i noget ændret rækkefølge;

for *cancer cutis et labii* jordbrukere, arbeidere, lærere og sjøfolk (mænd og kvinder tilsammen, om end med betydelig overvegt for mændene);

for *cancer uteri* kvinderne blandt arbejdsstanden, sjøfolk og bestillingsmænd samt kvindelige tjenere; — og

for *cancer mammae* kvinderne blandt embeds- og lærerstanden, handelsstand og sjøfolk.

Paa den anden side viser sig

mest fri

for *cancer ventriculi* lærerstand og embedsstand, kvindelige tjenere og handelsstanden, mænd og kvinder under ét, medens kvinderne i bestillingsmændenes klasse betragtet for sig har et ikke litet antal ventrikelcancere;

for *cancer cutis et labii* handels- og embedsstand, bestillingsmænd og haandverkere;

for *cancer uteri* kvinderne blandt lærere, jorddyrkere, embeds- og bestillingsmænd; og

for *cancer mammae* kvinderne blandt bestillingsmænd, arbeidere, jorddyrkere og haandverkere.

At paapeke nogen forklaring paa disse forhold er en opgave som for tiden endnu ligger over vor evne, og for hvilken specielt det her til raadighet staaende materiale er utilstrækkelig.

Tallene synes dog at antyde, at det til en viss grad sammenfaldende kosthold og levesæt hos bestillingsmænd, haandverkere, arbeidere og jordbrukere vel har noget at gjøre med den hyppighet hvormed *cancer ventriculi* optræder i disse livsstillinger, medens omvendt livskaar og kosthold hos lærer- og embedsstand, kvindelige tjenere og handelsstanden i adskillig ringere grad begunstiger utvikling av mavekræft.

En lignende slutning kan ogsaa gjøres med hensyn paa *cancer cutis* og *cancer labii*, hvor veir og vind, og særlig kridtpipen, fra mange hold gives skylden for at disse kræftlokalisationer er saa særlig hyppige hos jorddyrkere og sjøfolk.

Cancer uteri og *cancer mammae* synes at fordele samfundsklasserne saaledes mellem sig, at *cancer uteri* væsentlig rammer kvinderne i arbeidernes, sjøfolks og bestillingsmænds livsvilkaar, medens *cancer mammae* mest rammer kvinderne i lærer-, embeds- og handelsstanden, i noget mindre grad ogsaa jorddyrkernes kvinder.

Dog er for flere av disse samfundsgrupper tallene saa smaa (se s. 61) at alle disse slutninger maa gjøres med fornødent forbehold.

Etiologi.

I de utsendte skemaers avsnit IV og V har Kræftkomiteen fremsat endel spøragsmaal om hvorvidt andre kræfttilfælder er optraadt i patienternes *familie, bolig, nabolag og omgangskreds*, samt om en række *ytre forhold* (travmer, tidligere sygdomme og fysiologiske tilstande, livsførelse og sociale forhold) som kan tænkes at ha en viss indflydelse paa kræftens fremkomst hos individerne, eller hvorav der i det mindste kan utdrages oplysninger om den opfatning desangaaende som for tiden gjør sig gjældende hos vore læger og hos publikum.

For at gi undersøkelseerne over kræftsygdommenes forekomst i de enkelte familier fastere grundlag, men særlig for at muliggjøre den nødvendige fortsættelse av denne undersøkelsesrække fremover i tiden, er i spørgeskemaerne yderligere tilføiet et avsnit VI, hvor patienternes slægt — forældre, søskende, børn og ægtefælle — opføres med angivelse av fuldt navn, fødsels- og dødsaar samt eventuelt dødsårsak, for senere at lette en sikker identificering.

Men ogsaa ved besvarelsen av disse spøragsmaal gjør en viss uensartethet i Kræftkomiteens materiale sig gjældende.

Slægts-, bolig- og naboforhold.

Av de 4219 mottagne meddelelser mangler 1005 enhver uttalelse om disse forhold.

Blandt de øvrige 3214 skemaer indeholder 2706 oplysninger om patientens familie og ægtefælle. I 408 mangler saadanne.

Men i 1828 $\text{p: i } 67.5 \%$ av disse 2706 *benegtes forekomst av kræft i nærmeste husstand og slægt* ($\text{p: forældre, børn, søskende og ægtefælle}$), hvorimot *kræft* oplyses at være *tilstede* i 878 tilfælder $\text{p: } 32.5 \%$ inden nævnte kreds, og med følgende fordeling:

kræft hos far	i 250 tilfælder	
— » mor	- 230	—
— » søskende	- 399	— (med 513 individer)
— » barn	- 23	— (» 24 —)

Av disse sees desuten

kræft samtidig hos far og mor	11 tilfælder
— — » far og søskende	44 —
— — » mor og —	42 —
— — » far, mor og søskende	6 —

I denne sammenstilling medtages ikke de ganske talrike meddelelser om kræft i fjernere slægtled (bedsteforældre, forældres søskende o. s. v.).

Paa den anden side finder vi

kræft hos ægtefælle (<i>cancer à deux</i>) i	134	tilfælder
— » andre husfæller	- 174	—
— i nabolaget	- 224	—
— i omgangskreds	- 228	—

hvorav de to sidste kategorier ofte er meget rummelig anskuet.

Av ovenstaaende sammenstilling fremgaar at maligne svulster synes at optræde adskillig hyppigere hos patientens forældre, endog hos far eller mor hver for sig, end hos ægtefællen.

Og for saavidt som man vil opstille »arv eller smitte« som konkurrerende momenter ved kræftens etiologi, skulde tallene tyde paa en sterkere indflydelse av arv : familiedisposition.

Nu er det visselig saa, at alle kræftpasienter har en far og mor, men ikke alle er gift, hvilket medfører en selvfølgelig overvegt for arvemulighetene i forhold til smitemulighetene. Imidlertid har dette ikke stor indflydelse paa de av Kræftkomiteens materiale fremgaaede tal. Av de 4219 tilfælder har 3936 oplysning om hvorvidt patienten er gift (kun 283 mangler saadanne). Og av disse 3936 er 3249 : 82.6 % gifte, 687 : 17.4 % ugifte. Men selv med dette tillæg av 17.4 % blir ægtefællekræften paa tagelig sjeldnere end kræft hos forældre og børn.

Paa den anden side vil slægtskap mellem ægtefællerne — og efter UCHERMANN er i Norge 17 % av ægteskaperne indgifte i samme familie — ogsaa i tilfælder av ægtefællekræft kunne tænkes at ha sin indflydelse, for saavidt man i det hele tør anta at arv har nogen betydning for kræftens utvikling.

Imidlertid maa man være opmerksom paa at ovenanførte tal ikke gir noget paalidelig grundlag for derav at avgjøre hvorvidt arv eller smitte har nogen betydning ved utvikling av kræft, eller i hvilket forhold disse momenter maatte optræde.

For at faa dette belyst maatte man kunne sammenstille et tilstrækkelig antal tilfælder av ægtefællekræft hvor kræft i slægten ovenfor var utelukket, med en tilsvarende række tilfælder av kræft hos ugifte hos hvis far eller mor kræft var konstatert.

Men til en saadan sammenstilling gir Kræftkomiteens materiale ikke adgang. Det turde være en interessant oppgave for læger som i en be-

grænset egn har indgaaende kjendskap til befolkningens familieforhold, at ta dette spørgsmaal op til nærmere undersøkelse.

Hos os er spørgsmaalet behandlet av dr. MUNCH SØEGAARD for Norheimsund og Ytre Hardangers vedkommende. Desuten har dr. STIAN ERICHSEN til Kræftkomiteen innsendt en indgaaende redegjørelse for kræftsygdommenes optræden i Tvedestrand gjennem 50 aar, hvori der ogsaa er tat hensyn til de her nævnte forhold (se s. 85).

Til disse og flere lignende meddelelser skal vi senere komme tilbake.

Imidlertid, saa meget fremgaar dog av Kræftkomiteens materiale og de ovenanførte tal, at *det ægteskabelige samliv ikke synes at indebære nogen større risiko for utviklingen av kræft hos den anden ægtefælle end avstamning fra kræftsyk far eller mor frembyr.*

Og dette er for saa vidt paafaldende som kræftsygdommen jo netop optrær i den livsperiode under hvilke det ægteskabelige samliv i det store flertal finder sted, altsaa i livets anden halvdel, efter 30—40-aarene, en periode da paa den anden side samlivet med forældre og søskende for de flestes vedkommende allerede i længere tid har været avbrutt.

Alt dette sammenholdt taler litet til gunst for en overførelse av kræft ved direkte smitte, hvis man ikke samtidig forutsætter en meget lang inkubationstid for denne.

Kan man nu ved det eksperimentelle kræftarbeide komme dette spørgsmaal nærmere?

Forsøkene viser at inoculert cancer utvikler sig ved formerelse av de inoculerte celler (uten direkte deltagelse av værtorganismens celler) til en svulst av samme histologiske type som den hvortil inoculationsmaterialet hører.

Ved en cancer overført ved direkte smitte, eventuelt en cancer à deux, hvor denne modus vel nærmest forutsættes, skulde vi saaledes vente at finde samme svulsttype hos begge individer.

At et læbecancroid eller en ventrikelkræft overføres til et andet individ i form av et mammacarcinom eller prostatakræft, synes derimot litet stemmende med hvad vi for tiden vet om cancerens overførelse ved indpodning.

Og den største utsigt til en saadan kontaktoverførelse vil læberne og den ydre hud frembyde, derunder ogsaa henregnet genitalia externa. Særlig ved cancer à deux vil dette forhold med ikke liten styrke gjøre sig gjældende.

En veiledning om hvorvidt carcinomer saaledes kan antages at være overplantet ved direkte smitte, vil vi derfor finde i opgaverne over lokalisation og histologisk natur hos kræftsvulsterne ved cancer à deux.

I Kræftkomiteens materiale finder vi for 125 tilfælder av ægtefællekræft *oplysninger om svulstens art og lokalisation hos begge*.

Tilfælderne deler sig i 2 like store grupper, idet 63 tilfælder viser meget forskellige kræftformer og lokalisationer — i høist vekslende sammenstillinger, medens der i 63 tilfælder opgives ensartet lokalisation hos begge.

Av disse 63 ensartede er de 55 cancer ventriculi, 3 cancer labii (et oris), 2 cancer cutis og 3 sarkomer.

I intet tilfælde melder Kræftkomiteens materiale om ydre genitalcancer hos begge ægtefæller.

Medens som nævnt lokalisationerne paa legemets overflate fremstiller sig som det mest sandsynlige under forudsætning av en overførelse ved indpodning, er det altsaa ventrikelkræftensom optar den overveiende majoritet ved de ens lokaliserde ægtefællecancere, hele 87 %.

Hvorvidt herav kan gjøres slutninger med hensyn paa eventuel overførelsesvei, skal jeg her ikke gaa ind paa. Det bør dog ikke tapes av syne at ventrikelkræft overhodet er sygdommens hyppigste lokalisation, idet den indtar 31.4 % av alle Kræftkomiteens tilfælder, 61 % i den officielle dødsstatistik. Og der gjør sig desuten den betragtning gjældende, at ægtefolk lever under meget ensartede vilkaar hvad kosthold angaar, hvilket mulig kan ha sin betydning for utviklingen av kræft i mavesækken.

Kræft hos husfæller av skemaets hovedperson nævnes i 174 tilfælder; i *nabolaget* 224 og i vedkommendes *omgangskreds* 228 gange, dels saaledes at flere av eller samtlige disse sammentræf forekommer samtidig, dels i forskjellige tidsperioder.

Stundom gives den oplysning, at vedkommende ene husfælle har pleiet eller været pleiet av den anden, tildels under tilsidesættelsen av de mest elementære renlighets- og delikatessehensyn. Saaledes meddeles f. eks. at en kvinde benyttet samme træske uvasket og spiste av samme fat som søsteren, der led av en stor, væskende cancer labii. Det var dog ikke kræft i læben eller fordøielsesorganerne hun fik, men cancer mammae (l.no. 4066, Just Thoner, Gol).

I en del av tilfælderne tilhører de i samme hus boende kræftpasienter ogsaa samme familie. Der nævnes blandt andre 4 husfæller, far og 3 sønner, alle med cancer ventriculi (l.no. 3919, Just Thoner, Gol).

Meddelelserne om saadanne *kræfthusser*, hvor kræftsygdommen synes at holde sig gjennom længere tid og optræde hos forskjellige individer, er dog ikke mange. De enkelte tilfælder agtes senere nøiere undersøkt.

Hyppigere forekommer meddelelser om større eller mindre ophobning av kræfttilfælder i samme nabolag, hvor der saaledes blir en hel *kræftgrænd*. Saadanne er omtalt av dr. L. DEDICHEN (fra Aamot) og distriktslæge STJERNHOLM (fra Trolldvik), se s. 80 og 95.

Hvor *kræft* optrær hos flere beslægtede individer (her medregnes kun forældre, børn og søskende), kan det ha sin interesse at undersøke hvorvidt og med hvilken hyppighet sygdommen optrær med *samme eller forskjellig lokalisation* hos de enkelte medlemmer av ætten.

I 721 av komiteens skemaer meldes om kræft i den nærmeste slægt. I 544 av disse angives foruten skemaets hovedperson kun 1 slægtning som kræftsyk; i de øvrige 177 nævnes flere, helt op til 6 kræftangrepne i den nærmeste slægt. Alt i alt har de 721 kræftsyke 829 slægtninger som ogsaa har kræft, tilsammen altsaa 1550 kræftindivider.

Dersom rammen for »nærmeste slægt« var bleven gjort videre, til f. eks. at omfatte ogsaa bedsteforældre samt forældres søskende og deres avkom, vilde disse tal være blit betydelig større.

Hvad angaar *kræftens lokalisation hos disse nære slægtninger* viser det sig at i 304 familier med tilsammen 667 kræftpatienter optrær sygdommen med samme lokalisation hos alle de angrepne; i 417 familier med tilsammen 883 kræftpatienter er kræftens lokalisasjoner mere eller mindre varierte.

I første gruppe, med samme lokalisation hos de angrepne familiedlemmer, er det vistnok de vanlig forekommende lokalisasjoner som ogsaa her hyppigst træffes. Saaledes cancer ventriculi i 273 familier, derav flere gange hos 4, 5, én gang endog hos 6 medlemmer av slægten (forældre, børn, søskende); c. miasmæ i 36 familier, én gang hos 4 individer: c. labii, oris et lingvæ i 33, cancer cutis i 14 familier.

Men stundom finder man ogsaa mindre vanlige lokalisasjoner hos flere individer inden nærmeste familie.

Saaledes er dobbelttilfælder av cancer maxillæ superioris notert 6 gange; c. cutis nasi 2 gange; c. canthi externi 1 gang; c. oesophagi 1 gang (hos 4 medlemmer av samme familie); c. recti 3 gange; c. vesicæ 1 gang; glioma cerebri 1 gang.

Av dobbelttilfælder av kræft i de indre genitalia er notert: c. uteri 9 gange, c. ovarii 3, c. prostatae 1 gang.

I de 417 familier (med 883 kræftsyke individer) hvor kræftens lokalisering er forskjellig hos de enkelte angrepne, finder vi den mest brogede veksel i lokaliseringen. Endog kræft hos tvillingsøskende av samme kjønn (1 tilfælde) opptrer paa forskjellig sted.

En del av de til Kræftkomiteen indsendte meddelelser gir ogsaa eksempler paa slægter hvor et større antal individer har lidt av kræft, tildels gjennom flere generationer.

Av saadanne eksempler paa *kræftslægter* kan nævnes:

- L.no. 216: 5 søskende kræft, derav 1 bror c. mammae (!), 2 brødre og 1 søster c. ventr. samt 1 søster sark. lab. majoris. (Dr. Regine Stang, Kr.a).
 — 1653: 6 personer kræft; 5 søskende og en søn av en av disse; 3 c. labii inf., 2 c. ventr. og 1 c. gingivæ inf. (?). (Dr. N. Lunde, Bruflat).
 — 2552: 5 personer; far med 2 sønner og 2 døtre (av ialt 7 børn) samtlige c. ventr. (Dr. L. Dedichen, Aamot).
 — 1258: 6 personer; mor, 1 søn og 3 døtre (av ialt 7 børn) samt 1 datter-søn, samtlige c. ventr. (Dr. Fodstad, Sortland).
 — 1657: 4 (eller 5?) av 6 søskende, alle c. ventriculi. (Dr. N. Lunde, Bruflat).
 — 560: 4 personer; far, 2 døtre og 1 søn (av 7 børn) samtlige c. ventr. (Dr. Mellbye, Kr.a).
 — 3649: 7 personer (i 3 generationer med tils. 32 individer), forskjellige lokaliseringer. (Dr. C. Mathiesen, Gausdal).
 — 3661: 4 søskende av 7; 3 c. ventr. og 1 c. uteri. (Dr. Stian Erichsen, Hol).
 — 3766: 4 personer; 2 brødre, 1 søster og dennes søn, alle cancer ventr. (Dr. C. Manthey, Horten).
 — 3896: 3 personer; 2 søstre og den enes datter samtlige c. cutis nasi. (Dr. Ziesler, Bratsberg amts sykeh.).
 — 4039: 3 personer, bror, søster, nevø. Carcinoma max. sup. hos alle 3. (Dr. L. Ludvigsen, Hitteren).

Et saadant eiendommelig sammentræf av maligne tumores i kjæverne hos medlemmer av samme slægt nævnes ogsaa i følgende meddelelse:

- 2036: 2 personer; far og datter begge carcinoma max. sup., farens bror c. ventr. (Grønning, Diakonhjemmet, Kr.a).
 — 2483: 2 personer; far carcinoma max. sup., søn sark. max. sup. (Dr. E. Hoff, Dokka).
 — 2711: 2 personer; far fibrosarkoma max. inf., søn fibrosarkoma max. sup. (Dr. E. Hoff, Dokka).

Nogen speciel pekepind angaaende *slægtens* (*arvens?*) *betydning* for kræftens utvikling og lokalisering gir disse tal vistnok ikke, om man end ved enkelte av de to- eller flerfoldige kræftforekomster med samme lokalisering i én familie nok fristes til at tænke paa en *slægtsdisposition*, maaske som fortsatt anlæg i Cohnheims forstand (cfr. ogsaa l.no. 3896, s. ovenf.).

Men Kræftkomiteens materiale egner sig for tiden ikke til nærmere belysning av slægtsdispositionens betydning. Dertil representerer det endnu for faa slægtsled og er desuten for saavidt ufuldstændig som der

i mange av meddelelserne savnes opgave over de friske individer i hver slægtled.

Imidlertid yder det foreliggende dog en ganske god begyndelse, og ved fortsat indsamling gjennom en længere aarrække vil vort land med dets særlige befolkningsforhold visselig kunne yde et værdifuldt bidrag til dette i saa mange henseender vigtige sporgsmaal, hvis besvarelse for tiden væsentlig synes overtat av laboratorierne for experimentel pathologi, hvor iagttagelser paa dyr med kort levetid (mus) jo inden kortere aaremaal gir oversigt over flere generationer.

Men helt brukbart for avgjørelsen av sporgsmaalet for menneskets ved kommende kan resultatet av studiet for dyrenes vedkommende ikke bli for der for menneskene foreligger likeløpende iagttagelser.

Derfor bør det være magtpaaliggende i vort land med kraft at fortsette og utvide denne gren av kræftforskningen.

Ytre foranledninger.

Sporgeskemaernes punkt V: »*Mulige aarsaksforhold*« er bleven mere eller mindre utførlig besvaret i 733 tilfælder. I et stort antal av disse dog visselig mindre som uttrykk for vedkommende læges egen opfatning av de ytre aarsaksmomenter for casus end som gjengivelse av patientens formening derom. Det er derfor en ganske broget og variert række av »aarsaksmomenter« som herved er fremkommet; men man vil snart være paa det rene med at de kun i et begrænset antal av tilfælderne tør antages at ha hat nogen betydning for sygdommens fremkomst.

Naar der nedenfor desuagtet fremlægges en tabel over disse »aarsaksmomenter«, er det fordi der i en del tilfælder dog synes at være et visst causalforhold angit, likesom en del av oplysningerne kaster andre streiflys av interesse.

I tabellen er de meget forskjelligartede aarsaksmomenter ordnet i 31 grupper, hvorav nogen faa som travma (akut enkelt og kronisk gjentatt), foregaaende sygdomstilstande, samt endelig sorg, nød og arbeidsslit staar med de største tal.

For oversigtens skyld er ogsaa kræftens lokalisation ordnet i 8 hovedgrupper for carcinomernes vedkommende, sarkomerne for sig.

Tabel 22.

	Hud. Cutis	Læbe. Labium	Mund, tunge, Cavitas oris, lingva	Ventrikel	Intestinal- tractus	Indre kjærtler og organer	Uterus	Mamma	Sarkomer	Tilsammen
Travma	19	9	7	33	12	9	7	70	12	178
Tryk, gnag av klær, briller o. s. v. . . .	6				1	1			1	9
Tobakspipe		95	7							102
Tandgnag; skarpe, ca- riøse tænder		6	28						1	35
Tandextraction			7							7
Gebis; skarpt, daarlig passende			5		1					6
Tobaksspyt		1								1
Forbrænding	3	4								7
Forfrysning	3	4								7
Ætsning		2								2
Ar	4									4
Cholelithiasis				2		5				7
Urenlighed				1						1
Haard fødsel, tangfor- løsning							5			5
Pessarium remanens . .						2	1			3
Misdannelser, svulster, vorter, nævi, betæn- delse o. s. v.	35	21	2		3		18	24	12	115
Katarrher (gastrit o. s. v.)				13	9					22
Dyspepsi				68						68
Ulcera (cruris, ventri- culi)	2			35						37
Hernier				2	1					3
Diabetes	2			1		1				4
Tuberkulose				1						1
Syfilis	6		3		3		2			14
Alkoholisme				4		1				5
Influenza						1				1
Sorg, bekymring, nød Slit, tungt arbejde, for- løftning, arbeids- skadelighed	1	3	4	15	3	4	10	4	1	45
Tumores hos dyr	1	1		35	4		2	2		43
Klimakterium				1	2		1	3		9
							1	4		5
										746

Det vil av tabellen sees at *travmet* i alle dets variationer opfattes som foranledning til kræften i 334 tilfælder, næsten halvdelen av samtlige angivelser.

Herav kommer paa *det enkelte, voldsomme travma* (støt, fald, slag o. lign.) 178 tilfælder.

Det er paafaldende at dette engangs-travma spiller en forholdsvis liten rolle for hudens vedkommende, hvor anledningen dog skulde være meget hyppig. Naar saa mange tilfælder av cancer ventriculi og intestini sættes i forbindelse med travma, er det kanske nærmest at opfatte som en søken efter et brukbart aarsaksmoment. Størst betydning sees travma

at være tillagt som foranledning til mammacancer, hvor det utgjør $\frac{2}{3}$ av alle nævnte aarsaksmomenter.

Imidlertid er ikke aarsaksforbindelser mellem travmet og den senere svulst a'tid tydelig. Ofte ligger saaledes en betydelig aarrække imellem, 10—12—18—38 like op til 40 aar. Men i andre tilfælder synes tumor at ha utviklet sig forholdsvis hurtig efter travmet eller ut fra en ved dette fremkaldt knute i vævet, hæmatom eller lignende.

Travmets art er meget vekslende, fra de voldsomste fald og slag (i 5—6 tilfælder er vedkommende blit stanget av kjøer) til en enkelt anvendelse av vesicatorium, hvor der i umiddelbar sammenhæng med et saadant i reg. scapularis utvikler sig et ulcus rodens (l.no. 978, ref. av dr. MUNCH SØEGAARD). I ét tilfælde anføres klem av trange bukser paa en skitur som foranledning til cancer testis (l.no. 3755, ref. av dr. E. ZIESLER, Bratsberg amts sykehus; mand 30 aar, exstirp., mikroskopisk diagnose P. A. K. 1470).

Paa huden og læberne i nogen tilfælder ogsaa forbrændinger, forfrysninger og ætsninger.

De ofte gjentagne, smaa travmer, »irritationer«. opføres henimot 190 gange blandt aarsaksmomenterne.

Den viktigste rolle spiller her tobaksrøking, særlig da kridtpipen, ved læbekræften; denne kombination nævnes 95 gange, d: i ca. 39 $\frac{0}{0}$ av samtlige anmeldte læbecancere, 65 $\frac{0}{0}$ av alle nævnte aarsaksmomenter til læbekræft. I enkelte tilfælder av læbekræft gjøres dog uttrykkelig opmerksom paa at vedkommende ikke er røker, eller at han bruker pipe med glat kautschuk-mundstykke, eller at canceren sitter i den anden side av munden end den hvori pipen pleier at hvile.

Men det store antal hvori disse angivelser er fremkommen, sammenholdt med hvad vi tidligere (se s. 36) har set, nemlig at læbecanceren i 96 av 100 tilfælder sitter paa underlæben og i 89 av 100 tilfælder hos mænd, synes dog bestemt at tyde i retning av at pipen, den kroniske irritation virkelig har den indflydelse paa fremkomst av cancer i læben som længe har været den tillagt.

Ogsaa andre gjentagne smaa travmer ved cancer i læben nævnes, saaledes i ét tilfælde at vedkommende »ofte hadde skaaret sig i munden med bordkniven«.

For mundens og tungens vedkommende er det gnag av skarpe tænder, tandextraktion og følgetilstande herav, tildels ogsaa her tobaksrøking, samt gnag av daarlig kunstig gebis som tillægges storst skyld.

Som kronisk travma er ogsaa i et tilfælde av cancer recti antydningssvis opført patientens livsstilling som brodkjører i mange aar.

Forutgaaende sykelige tilstande før kræftsvulstens optræden kan være dels *lokale*, i det organ eller paa det sted av legemet hvor senere svulsten optrær, dels *almenlidelser*. Ialt nævner 211 skemaer om saadanne sygdomme.

Talrigst er de forutgaaende *lokale patologiske tilstande* repræsenteret, i 192 tilfælder.

Det nævnes her en lang række tilstande. Paa *huden* misdannelser, nævi, vorter, kvæser (ofte efter avpilling), ulcera, eczemer, to gange variola ar samt andre ar. Paa *slimhinderne* især katarrher og ulcera. Saaledes nævnes langvarig dakryocystit før carcinoma canthi int., phimose flere gange før carcinoma glandis eller c. præputii, aarlang pruritus eller vaginalutflod før cancer vulvæ o. s. v.

Særlig hyppig finder vi dog saadanne indledende sygdomstilstande omtalt for cancer i ventrikel og tarmkanal. Men det lar sig ikke altid avgjøre om disse dyspepsier, fordøielsesbesvær med obstruktion eller diarrhoe, og gastriter kan ansees som en forløper for canceren, eller om de er dennes første symptomer. I 35 tilfælder nævnes ulcus ventr. som forutgaaende sygdom.

Av *almenlidelser* nævnes diabetes, tuberkulose, syfilis og alkoholiisme. Alle dog kun sjelden — tilsammen alene i 25 tilf. Hyppigst forekommer *syfilis* (14), i flere tilfælder dog vel nærmest som lokal foranledning (leukoplakia ved cancer lingvæ, condylomata acuminata paa præputium før en cancer sammesteds — det sidste dog under tvil). *Alkoholiisme* nævnes ved 4 ventrikel- og 1 tarmcancer. *Tuberkulose* har lægerne kun saare sjelden sat i forbindelse med kræften. Og de 4 gange hvor diabetes, den ene gang da influenza er opført, synes det nærmest at være for skemaets fuldstændighets skyld.

Betydningen av de ganske hyppige svar inden rubrikerne: *indflydelse av arbeide og livsstilling* samt av *sorg, bekymring og psykiske momenter i det hele* bør ikke helt oversees. Disse momenter nævnes i 88 skemaer, maaske flere.

Herunder medregnes tildels ogsaa arbeidets rent mekaniske indflydelse, boiet stilling, verktøiets stadige tryk (f. eks. i epigastriet ved cancer ventr.), for saavidt disse momenter ikke er opført under »de gjentagne smaa travmer«. I det ene mandlige carcinoma mammæ nævnes særlig at pat. — en snekker — hadde brukt at støtte centrumsboret mot det angrepne bryst. Slit, tungt arbeide og forløftning nævnes overveiende i forbindelse med cancer ventriculi, vistnok ikke sjelden i mangel av anden og nærmere paa-vislig foranledning.

Endnu noget hyppigere finder vi nævnt sorg og bekymring og nød. Og det av alle arter, fra fattigdom og legemlige savn til ægteskabelig uenighet, kjærlighetssorg og »politiske skuffelser«.

Det er selvfølgelig for tiden ikke mulig at føre nogetsomhelst bevis for hvorvidt disse her nævnte momenter: den strenge kamp for tilværelsen og indvirkningen herav paa nervesystem og psyche, kan ha nogen betydning for utviklingen av de ondartede svulster. En viss sammenheng her hævdedes jo i sin tid bl. a. av prof. H. HEIBERG, og til trods for at de senere decenniens opfatning av svulsterne har stillet disse momenter langt i bakgrunden, turde spørgsmaalet endnu ikke være utdebattert. Saa meget mindre som der er tegn til at individets stofvekselforhold og alt hvad dermed hænger sammen paany vil gjøre sig gjældende i diskussionen om kræftens etiologi. (Smign. ogsaa uttalelser av dr. STIAN ERICHSEN, s. 87, og av dr. WEDØE, s. 92).

Det er fra forskjellige hold hævdet at cancer særlig skulde findes i de lande, i de befolkningslag hvis ernæring var rikelig, og hvor der var et stort forbruk av animalsk føde. Denne opfatning finder ingen støtte i i Kræftkomiteens materiale. Ikke en eneste bemerkning i de mottagne skemata tyder paa at vedkommende patients ernæring har været særlig rikelig. Den største del av skemaerne stammer fra landbefolkningen og arbeiderstanden, hvor overernæring — specielt med animale proteiner — visselig ikke finder sted. Meddelelser om slit, nød og fattigdom er derimot som nævnt ikke sjelden.

Spørgsmaalsrubrikerne om *kræft hos husdyr* i patientens omgivelser har fremkaldt meddelelser om 8 kjør og 1 hund der har lidt av svulster eller »kræft«, tildels dog i længere tidsrum for patientens egen sygdom brøt ut.

Sammendrag.

1. Der er et meget betydeligere overskud av kvinder i Kræftkomiteens materiale end i den officielle dødsstatistik hvad kræftsyke angaar.
2. Ventrikelkræft viser i Kræftkomiteens materiale forholdsvis meget mindre tal end i dødsstatistiken.
3. De fleste anmeldelser av carcinom i det hele tat gjælder individer i 60-aarene; for carcinom i uterus og mamma individer i 40-aarene.
4. De fleste sarkomer er meldt fra individer i 50-aarene.
5. Carcinomernes relative hyppighet i de forskjellige organer synes at veksle i de forskjellige dele av landet. Saaledes er *c. ventriculi*, om

end forholdsvis jevnt fordelt, sterkest fremtrædende i Trøndelagen, de østlandske storbygder og i Nord-Norge. *C. labii* (et cutis) forekommer væsentlig i Midt-Norges høiereliggende dalfører samt i enkelte fjord- og kystbygder, sjeldnest i byerne. *C. uteri* hyppigst i Trøndelagen, sjeldnest i de indre landsbygder.

6. Livsstillingen synes ogsaa at ha en viss indflydelse paa kræftens lokalisation til bestemte organer. *C. ventriculi* staar mest fremskutt hos bestillingsmænd, haandverkere og arbeidere; er forholdsvis mindst fremtrædende blandt lærerstanden og akademiske lag. *C. labii* (et cutis) findes overveiende hos jorddyrkere. *C. uteri* rammer i størst grad kvinderne blandt arbeidere, sjøfolk og fiskere, *c. mammae* kvinderne i embeds- og lærerstanden.
7. Samliv med kræftsyk ægtefælle synes ikke at medføre større (snarere mindre) fare for udvikling av kræft hos individet end avstamning fra kræftsyk far eller mor.

III. Lokalberetninger om kræftsygdommes optræden i enkelte dele av landet.

Foruten kræftskemaerne, som hvert enkelt kun tar sigte paa en bestemt patient og dennes nærmeste personlige og stedlige forhold, har Kræftkomiteen fra interesserte læger i forskjellige dele av landet ogsaa mottat mere sammenarbeidede oversigter over kræftens almindelige optræden inden vedkommende arbeidsomraade, tildels gjennom længere tidsrum. I flere tilfælder har disse meddelelser været ledsaget av kartskisser over vedkommende egn til belysning av sygdommens utbredelse og fordeling.

Der er fra flere læger ogsaa mottat et større antal kræftskemaer fra vedkommende egn, men uten nogen bearbeidelse av disse. Isaafald er bearbeidelsen foretat av Kræftkomiteens sekretær.

Likeledes er der i skrivelser til Kræftkomiteen indkommet forskjellige meddelelser og uttalelser som kan kaste lys over opfatningen av forskjellige sider av kræftspøragsmaalet, saaledes om slægtsforhold, boligforhold o. lign. Ogsaa til saadanne meddelelser er der saa vidt gjorlig tat hensyn.

Det kunde være fristende at forsøke en sammenstilling av meddelelserne fra lægerne i de større byer eller fra enkelte større sykehuser til lignende oversigter over kræftens forhold i vedkommende egn. Men da klientelet her for en ikke ringe del bestaar av tilreisende patienter, som er hjemmehørende andensteds og kun er møtt frem til by eller sykehus for at søke lægebehandling, vil saadanne sammenstillinger ikke gi et helt riktig billede for stedets vedkommende, og det er derfor fundet bedst som oftest at gi avkald paa at bruke dette gjerne vel sigtede materiale ogsaa paa denne maate.

Dog er i det følgende ogsaa saadant by- og sykehusmateriale brukt hvor det maa ansees for nogenlunde riktig at repræsentere vedkommende landsdel og andet materiale ikke foreligger.

Disse lokalmeddelelser skulde væsentlig tjene som stikprover paa kræftens forhold i de forskjellige landsdele (amter), saaledes som dette

kommer tilsyne i Kræftkomiteens materiale. Men de fremlægges med det paa grund av materialets ufuldstændighed og begrænsning nødvendige forbehold.

Fra følgende amter vil meddelelser findes nedenfor:

Akershus (Ullensaker).

Smaalenene (byerne Sarpsborg, Fredriksstad og Fredrikshald med nærmere omgivelser).

Buskerud (Aamot—Modum, Gol—Hallingdal).

Kristians (Etnedalen).

Nedenes (Tvedestrand—Holt).

Lister og Mandal (byerne Kristiansand og Mandal).

Stavanger (Sand—Ryfylke, Kopervig).

Nordre Bergenhus (Vik i Sogn).

Søndre Trondhjem (Meldalen, Hevne).

Nordre Trondhjem (Levanger, Namsos).

Tromsø (Maalselven, Troldvik—Lenviken, Karlsøy).

Finmarken (Syd-Varanger).

Fra slettebygderne paa Østlandet er direkte meddelelser om kræfttilfælde indkommet temmelig spredt og sparsomt, antagelig fordi Kristiania og de øvrige byer har slukt en stor del av dette klientel. Kun fra nogen enkelte bygder er der indsendt saapas mange meddelelser at derav fremkommer et visst billede.

Fra Ullensaker er ved dr. BR. BRUUN og dr. AD. CHRISTOPHERSEN meldt 21 tilfælde av kræft saaledes lokalisert til *organerne*:

Ventriculus	6	Palat. dus.	1
Rectum	3	Max. sup.	1
Coecum	1	Gl. thyreoid.	1
S-Roman.	1	Mamma	4
Vesic fell.	1	Uterus	1
Lab. inf.	1		

altsaa over halvdelen lokalisert i fordøielseskanalen.

17 av de anmeldte var gifte; i 2 av disse tilfælde hadde ogsaa ægtefællen kræft, begge disse hadde ogsaa en bror lidende av samme sygdom. I det hele var der hos de 21 anmeldte 4 tilf. hvor mor (1 gang) eller bror (3 gange) var angrepet.

Paafaldende hyppig, 7 gange, nævnes fra Ullensaker kræft i bolig og nabolaget, samt desuten 2 gange i nærmeste omgangskreds.

Fra *byerne i det sydlige Smaalenene* — Fredriksstad, Sarpsborg og Fredrikshald, med de nærmest omliggende landdistrikter — har lægerne der meldt 77 kræfttilfælder (36 mænd, 41 kvinder; 67 gifte, 10 ugifte, deriblandt 1 8 aars gut).

Kræftlokaliseringen til *organerne* viser sig som følger:

Ventrikel	26	} 35	Læbe	7
Oesophagus	1		Hud	5
Hepar	4		Vulva	1
Pankreas	1		Mamma	10
Rectum	3		Uterus	7
Prostata	1		Ovarium	4
Ren	2		Abdomen	1
Sarkom		4		

Ventrikelkræften optar her $\frac{1}{3}$ av al kræft; tages den hele fordøjelseskanal under ét, er 45 % av kræften lokaliseret her. Desuten spiller læbe- og hudkræft, samt særlig kræft i mamma, uterus og ovarier en ikke liten rolle.

Av de 77 tilfælder oplyses 29 at ha kræftpasienter i nærmeste familie (far, mor, søskende); i flere tilfælder sees sygdommen at ha videre utbredelse i slægten. Saaledes nævnes én gang at den anmeldte patients mor, moster og morbror samtlige har lidt av kræft, i et andet at patientens mor og 2 mostere har hat sygdommen.

Gjentagne gange nævnes 2 tilfælder inden forældre- og søskendkredsen.

Av ægtefællekræft nævnes 5 tilfælder, kræft i samme bolig 1 gang, i nabolag og omgangskreds desuten 11 gange.

*

Kræftens forekomst i Aamot, Modum, er av dr. LUCIEN DEDICHEN oplyst ved 33 av ham samlede og anmeldte tilfælder fra aarene 1896—1912.

Av de 33 tilfælder er 16 mænd, 17 kvinder; 27 er gifte, 6 ugifte (derimellem en gut paa 10 aar).

Lokaliseringen til *organerne* falder saaledes:

Ventrikel	10	Palpebræ	2	Genu	1
Oesophagus	3	Lab. inf.	2	Mamma	2
Hepar	2	Os et lingua	2	Uterus	2
Colon et rectum	2	Vulva	1		
Cutis faciei	2	Pulmo	1	Sarkom	1

I 10 av de anmeldte tilfælder har ogsaa far, mor eller søskende av patienten kræft. Dog maa her bemerkes, at heri er medregnet 4 anmeldte

medlemmer av en utpræget kræftfamilie med 5 kræftsyke, hvorav far, 1 datter og 2 sønner lider av c. ventriculi, 1 søn av ulcus rodens faciei.

Av ægtefællekræft nævnes 2 tilfælder; derav gjælder det ene (c. ventriculi) hustruen til en av brødrene i nævnte kræftfamilie.

Dr. DEDICHEN gjør opmerksom paa at der langs hovedveien mellem Haugsund og Aamot paa en strækning av omtrent 1 kilometer findes en hel *kræftgrænd* (som nærmere belyses ved en vedkommende skemaer vedlagt karts-kisse), idet 8 huser paa denne strækning har huset tilsammen 11 kræftpatienter. Dog maa her bemerkes at midtpunktet av denne grænd indtages av 5 bygninger hvori den gjentagende nævnte kræftfamilie har bodd. De andre 3 bygninger med 4 kræftpatienter ligger ovenfor og nedenfor dette midtpunkt.

For de fleste tilfælders vedkommende nævnes ogsaa om kræft i omgangskredsen og nabolaget, flere gange ogsaa i samme bolig, saa det synes som om kræftsygdommene er ganske hyppige i og omkring Aamot.

Muligens hænger dette sammen med at befolkningen her jevnlig opnaar en høi alder. I alle fald viser de indsendte anmeldelser en gennemsnitsalder hos kræftpatienterne paa 60.7 aar (mænd 63.6; kvinder 57.9), medens 9 mænd og 3 kvinder er over 70 aar.

*

Fra Gol og Hemsedal (Hallingdal) ved dr. JUST THONER (tildels med støtte i meddelelser fra overlæge HALFDAN SUNDT, som tidligere har viet kræftens forekomst i Gol sin opmerksomhet) er indkommet meddelelser om 50 kræfttilfælder, hvorav enkelte tilbage til 1896.

Av de 50 patienter er 32 mænd, 18 kvinder; 44 gifte, 6 ugifte.

Kræftens lokalisering til *organerne* er saaledes fordelt:

Ventrikel	15	Cutis	5	Mamma	4
Oesophagus	1	Labium	15	Uterus	1
Hepar	1	Max. sup.	1		
Pankreas	1	Ren	2	Sarkom	2
Intestinum	1	Ves. urin.	1		

Det vil her straks falde i øinene baade at mændene er saa bestemt i flertal, og at i forbindelse hermed kræftens lokalisering er meget egenartet.

Ventrikelkræften viser sig kun at være 30 % av det hele antal, kræft i samtlige fordøielsesorganer kun 38 %.

Derimot optræer læbekræft like hyppig som ventrikelkræft; det er denne særlig hos mænd forekommende lokalisering som betinger mændenes overvegt i Gol.

I 20 av de anmeldte tilfælder nævnes kræft ogsaa hos patientens nærmeste slægt (forældre, barn, søskende); i to tilfælder er dog begge patienter meldt. En av disse meddelelser angaar en far med 3 sønner, samtlige lidende av c. ventriculi.

Ægtefællekræft nævnes 4 gange.

Derimot omtales i de fleste tilfælder kræft i patientens omgangskreds, nabolag eller bolig (det sidste 13 gange), saa sygdommen synes at findes tæt og jevnt utbredt, uten at dog de foreliggende meddelelser tillater at undersøke disse forhold nærmere.

Saa vel avgrænsede dele av landet som disse bygder synes i særlig grad at kunne egne sig for studiet av kræftsygdommens utbredelse i slægterne og deres stedlige fordeling.

*

Fra Etnedalen (Søndre Valdres distr., Kristians amt) har dr. N. LUNDE git en samlet redegjørelse for de data han har kunnet finde frem om kræftens utbredelse i dalen, fornemlig som de fremgaar av opplysninger i 8 indsendte kræftskemaer, ledsaget av en karts-kisse, hvor kræftens lokale fordeling i bygden er angitt.

De paa skemaerne meldte tilfælder skriver sig fra perioden 1896—1900; i forbindelse med disse meddeles da de i familiene og naboskap saavel tidligere som senere iagttagne kræfttilfælder, tilsammen 30 (18 mænd, 12 kvinder).

Paa de forskjellige *organer* fordeler her kræften sig saaledes: Ventriklens 21, lab. inferius 4 (alle mænd), lab. sup. 2 (begge kvinder), gingiva 2 (kvinder), ren 1 kvinde, parotis 1, sarcoma cutis e nævo 1. Summen av disse blir 32, men det kommer av at et av tilfældene er en *dobbeltcancer* (læbe + ventrikel, se s. 55, no. 14). Det vil falde i øinene at ventrikelen i $\frac{2}{3}$ av tilfældene er kræftens sæte, derefter læbe og mund med henimot $\frac{1}{4}$ av samtlige.

Man vil paa den anden side lægge merke til at cancer uteri eller cancer mammae ikke er representert.

Dr. LUNDE sammenstiller de i skemaerne givne opplysninger om de angrepne i *et resumé over kræftens aarsaksforhold*, hvor særlig slægtskapsforhold og smitte-muligheter kommer i betragtning.

Med hensyn til *slægtskapsforholdene* (arv) gjør han oppmerksom paa at hans materiale indeholder adskillige eksempler paa forældre og born, og større eller mindre søskendekuld med kræft.

I 4 tilfælder nævnes far eller mor med ét av barnene lidende av kræft, i 4 andre større søskendeflokker. Av disse sidste kan nævnes: 1) (lb.-no. 1653) fem søskende dør av kræft, alle efter 1902; av disse har 2

søstre c. labii sup., 1 søster c. gingivæ inf., 1 bror c. labii inf., og 1 søster c. ventriculi; eiendommelig er her 4 tilfælder av kræft i og omkring munden hos disse søskende. 2) (lb.-no. 1654) to brødre og en søster, alle tre av mavekræft. 3) (lb.-no. 1655) to brødre av mavekræft. 4) (lb.-no. 1657) tre brødre og 1 søster dør alle av mavekræft, efter sikkert forlydende ogsaa endnu en søster i Amerika. (Av dette søskendkuld hadde 1 bror og 1 søster iforveien faat graa stær).

Smittemuligheter mener dr. LUNDE kan foreligge i 1 (4de) tilfælde av ægtefællekræft, ved hyppig ophold i samme hus som kræftpatienter (lb.-no. 1660), likesom ogsaa hvor kræfttilfældene klumper sig sammen i en grænd, som i Bøverstuens skolekreds.

Det maa dog her bemerkes, at efter den medfølgende kartskitse omfatter denne grænd 3 gaarde som er alle fødested for søskendkuld av kræftpatienter, saa ogsaa slægtsforhold her maa tages i betragtning.

Med hensyn til de *overførelsesmuligheter* som kan gjøre sig gjældende, hefter dr. LUNDE sig for det av ham samlede materiale særlig ved bruken av »utilstrækkelig rensset spisetøi og da i fremtrædende grad ved de indtil for faa aar siden meget benyttede træspiseskeer med sine rifter og fordypninger. Med hensyn paa spisetøiet maa vel en mavekræft paa grundlag av hyppige opstøt og brækninger ansees for næsten likesaa aapen som læbekræften. Helt op i de øvre samfundslag vil antagelig en utilstrækkelig og uhensigtsmæssig rensning av de indre gaffelbrancher (avskylling i lunkent vand, blankpolering av den iøinefaldende del av overflaten i forbindelse med en temmelig illusorisk behandling av det inderste av brancherne) frembyde de ønskeligste betingelser for overførelse saavel av bakterier som av andre miasmer paa en mere eller mindre direkte maate.

Levealder. — Gjennemgaaende synes levealderen at være lavere i de tilfælder hvor sandsynligheden for overførelse er relativ stor. Talende synes i saa henseende tilfældet A. R. († 28 aar gml., cancer cardiæ c. stenosi oesophagi), optrædende med sine første symptomer ca. $\frac{1}{2}$ aar efter at faren er operert for læbekræft.

Forøvrig er materialet selvfølgelig altfor sparsomt til at gi plads for andet end gjetninger.«

Saavidt dr. LUNDE. Det vil bemerkes at han — i likhet med saa mange andre av vort lands læger — synes meget tilbøielig til at tænke sig kræften hos det enkelte individ opstaat som en følge av en overførelse av et sygdomsvoldende agens.

lagttagelser i en vel avgrænset dal som Etnedalen vil ogsaa være vel skikket til at kaste lys over kræftens etiologiske forhold, og det er kun at ønske, at de av vore læger som arbeider i lignende forhold, vil underkaste kræftens utbredning en nøiagtig undersøkelse paa grundlag av det intime kjendskap til individerne og deres levesæt, livskaar, familieforbindelser og boligstel som lægen her kan erhverve sig. Vort land staar i saa henseende vistnok enestaaende gunstig stillet.

Spøragsmaalet om kræftens overførbarhet fra individ til individ, dens smitsomhet, er imidlertid endnu ikke modent til løsning. Og det fra Etnedalen fremlagte materiale gir heller ingen bestemtere antydninger.

Sygdommens jevne og betydelige utbredelse i Etnedalen peker i og for sig ikke i retning av overførbarhet.

Det maa nemlig fastholdes at blandt de meldte 30 kræftindivider i dalen findes hele 5 søskendgrupper — paa resp. 5, 3, 3, 2 og 4 (6?) individer — i alt 17 (19?) individer. Mere end halvdelen av alle kræftsyrke i Etnedalen kommer saaledes fra 5 gaarder. Men naar søskendkuldene forlater hjemmet og sprer sig paa forskjellige nye bosteder i bygden (hvad dr. LUNDES omhyggelige meddelelser gir anledning til at forfølge), og sykdommen her senere viser sig, vil dette let skape indtrykket av at den er nyerhvervet her. Der er dog ogsaa den mulighet, at sykdomsspiren kan være medbragt fra hjemmet, om der end da som den store regel maa antages at være en meget lang inkubationsperiode, — eller at det er det arvelige anlæg som gjør sig gjældende.

Men som sagt, foreløbig staar spøragsmaalet helt aapent.

*

Fra Tvedestrand har dr. STIAN ERICHSEN til Kræftkomiteen indsendt en meget interessant, utførlig og indgaaende studie over kræftsygdommens forekomst i nævnte by i løpet av de 50 aar fra 1862—1911.

Oplysningerne er samlet dels fra de av dr. FREDRIK VOGT i aarene 1862—93 i sundhetskommisjonens protokoller gjorde anførsler, senere utfylt ved dr. ERICHSENS efterundersøkelser, dels fra dr. ERICHSENS egne indtegnelser i protokollene, samt fra hans og kollegers optegnelser fra privat praksis.

Beretningen som er ledsaget av plan av Tvedestrand by med angivelse av alle huser hvor kræftdødsfald er forekommet, samt av fotografier av byen med omgivelser, gjengives her i forkortet utdrag.

Materialet omfatter 61 kræftdødsfald, 22 mænd, 39 kvinder, hvert enkelt desuten beskrevet paa Kræftkomiteens skemaer.

Med hensyn til de *angrepne organer* viser fordøielseskanalen sig at ha et endog paafaldende overtak:

Cancer ventriculi	40	} 49
— pylori et oesophagi	5	
— recti	3	
— flex. coli d.	1	
— mammæ	4	
— uteri	2	
— vesicæ, renis, labii, mediastini, max. sup., syst. ossium hver 1	6	

Alder.

Mellem 30 og 40 aar var 0 mænd, 2 kvinder

— 40 » 50 » » 3	— 5	—
— 50 » 60 » » 5	— 11	—
— 60 » 70 » » 6	— 9	—
— 70 » 80 » » 6	— 11	—
— 80 » 90 » » 2	— 1	—

Fødestedet var for de fleste, 32, Tvedestrand og det omliggende Holt herred, for 16 de ellers nærmest liggende bygder og byer, 7 var født i fjernere dele av Norge, 6 i Sverige.

Livsstilling.

Embeds- og bestillingsmænd	4 m., 3 kv.
Sjøfolk	8 » 11 »
Haandverkere	4 » 4 »
Handelsfolk	0 » 3 »
Arbeidere	6 » 6 »
Gaardbrukere	0 » 3 »
Rentenist	0 » 1 »
Kvindelige tjenere	0 » 8 »

Opstiller man kræftdødsfaldene i Tvedestrand i fordeling paa 10-aars-perioder, vil man finde at der efter en ganske langsom *stigning* i de første 40 aar indtræer en sterk og pludselig stigning i det sidste 10-aar, 1902—1911.

Vedføiede tabel belyser dette tydelig.

Aar	Befolkning	Dødsfald	Derav kræft- dødsfald	Dødsf. i ‰ av befolkn.	Kræftdødelig- het i ‰ av bef
1862—1871	1164	195	6	16.78	0.51
1872—1881	1365	191	7	13.99	0.51
1882—1891	1657	252	10	15.20	0.60
1892—1901	1657	221	11	13.33	0.66
1902—1911	1645	217	27	13.13	1.64

Dr. ERICHSEN tar bestemt avstand fra den opfatning, at kræftdødelig-
hetens stigning i dette sidste 10-aar kun skulde være tilsynelatende, f. eks.
bero paa en forandring i lægernes diagnose. De store tal vidner efter
hans overbevisning om en virkelig stigning. Og han gjør opmerksom paa
at over halvdelen av de kræftdøde i denne periode var mænd, medens
mændenes antal i den samlede 50-aarsperiode kun utgjør ca. 36 ‰.

Familie og slægt. Av de 61 kræftdøde var 45 gifte; 16 av disses
ægtefæller lever endnu, 29 er døde, og for 26 av disse er dødsårsak op-
git, men i intet tilfælde har denne været kræft. Om kræft hos baade
forældre og born nævnes i 4 tilfælder; i 3 av disse oplyses det at være
døtre som har pleiet sine kræftsyke mødre, i et tilfælde gjælder det far
og søn, mellem hvilke der ikke hadde været samkvem under den førstes
sygdom.

I det hele har efter dr. ERICHSENS efterundersøkelser de 61 kræftdøde
hat 198 børn. Derav var indtil 1912 død 52 med opgit dødsårsak for
47 og herav 4 kræftdødsfald (9.2 ‰). Av de før 1865 fødte (ældre) born
— ialt 97 — var 46 i live, 41 døde med kjendt dødsårsak for 36, derav
4 (eller 3?) av kræft, 11.1 ‰ (8.4 ‰).

Bolig. Kræftdødsfaldene har, med én undtagelse — et slags kræft-
centrum, som nedenfor nærmere skal behandles — været spredt nogen-
lunde jevnt over den hele by, og de 61 tilfælder har været fordelt paa
56 huser; 5 gange har der været 2 kræftdøde i samme hus; 1 gang mor
og datter (med 6 aars mellemrum), 1 gang far og søn (15 aar), 1 gang to
søskende (11 aar) — alle disse ovenfor nævnt, samt 2 gange hvor der
ingen slægtsforbindelse fandtes mellem individerne; tidsavstanden mellem
dødsfaldene i samme hus var her 6, resp. 15 aar.

Samtlige beboelseshuse i Tvedestrand er træbygninger.

Med det nævnte »kræftcentrum« forholder det sig saaledes:

Tvedestrands bebyggelse falder i 5 hoveddele, hvorav Bakkeskot og
»den nedre bydel« ligger nede ved fjorden, Øster- og Vesterklev opover
i bakken, og ovenfor denne omkring sydsiden av Fjæretjernet de sammen-

hængende bydele Tjernesletten og Strandehagen, den sidste noget op i bakken længst fra tjernet.

De 61 kræftdødsfald fordeler sig saaledes paa disse bydele:

Bakkeskot	med 24 huser	. . . .	6 dødsfald
Nedre bydel	» 36 —	. . . .	9 —
Østerklev	» 60 —	. . . .	10 —
Tjernesletten	» 22 —	. . . .	6 —
Strandehagen	» 75 —	. . . .	30 —

Eiendommelig nok har Østerklev, byens ældste og daarligst byggede del, hvor ogsaa fattighuset med dets aldrende beboere findes, det mindste antal kræftdødsfald at opvise.

Strandehagen derimot, hvor bebyggelsen er nyere med antydning til regelmæssige kvartaler, husene er gennemsnitlig større og bedre end i de gamle bydele, viser det største antal kræftdødsfald. Befolkningen væsentlig arbejdere. Men ogsaa inden denne bydel kan der paavises en yderligere koncentration av kræfttilfældene i en gruppe av 20 huser som har det tilfælles, at de alle, indtil 1898, da der blev indlagt vandledning, hentet vand fra en vandpost i bydelens centrale gatekryds. Efter 1898 har dog en stor del av beboerne av disse huser foretat sin klædesvask ved vandposten.

I løpet av 30 aar forefalder i 11 av disse 20 huser 12 tilfælder av kræft. Desuten nævner dr. ERICHSEN 1 dødsfald med cholæmi og 1 med »peritonit«, som han begge sterkt mistænker for at ha været cancer.

De 12 dødsfald indtræer ikke med jevne mellemrum i det nævnte tidsrum, men i to med et frit interval fra 1894—1903 skilte perioder. Der har været liten omgang mellem husene, og de angrepne har været ubeslægtede. De har den omtalte vandpost fælles; og den har været benyttet som vaskeplads for tøy fra kræftpasient no. 14 i 1884, fra no. 25 i 1894, begge lidende av cancer mammæ.

En infektion av jordbunden og kummen kan her tænkes mulig, og dermed infektion av vandet i posten. Men halvdelen av tilfælder falder saa sent som 1906 og senere, altsaa flere aar efter at vandposten var bleven lukket, saa en direkte smitte neppe gjøres sandsynlig. »Med mindre man da turde tænke paa et depositum i den menneskelige organisme av et virus, som først gjorde sig gjældende naar »betingelserne« hos den inficerte blev gunstige!«

Undergrunden er fjeld, bestaaende av grundfjeldets lag (glimmergneis, gneis og glimmerskifer).

Befolkningens anthropologiske type er meget uensartet paa grund av sterk indflytning, særlig i aarene omkring 1860—80, da en livlig skibsbygning tilkaldte mange arbeidere; ogsaa endel veiarbeidere flyttet da til stedet.

Tvedestrand, hvis befolkning nu væsentlig rekruteres fra det omliggende Holt, ligger efter ARBO'S undersøkelser vistnok omtrent paa grænsen mellem Agders kortskaller og de østlandske langskaller; men befolkningen i Holt og nærliggende bygder har dog utpræget østlandsk præg, ogsaa i sin dialekt.

Levesettet er jevnt godt, med rikelig tilgang paa kjøt, fisk og god melk. Arbeiderklassen har gjerne 5 maaltider daglig, de andre 3—4. Arbeidsfortjenesten har særlig i perioden 1890—1900 ikke været meget god.

Alkohol har der været drukket noget av, men ikke særlig blandt dem som er død av kræft.

Sociale forhold. Det har andetsteds¹ været paapekt at de mindre kystbyer i Norge, fra Kristianiafjorden vestover langs Skagerakskysten, har en meget høi kræftdødelighet. Dr. ERICHSEN gjør opmerksom paa et fællestræk ved disse byer, at de i løpet av forrige århundredes sidste 15—20 aar alle gik sikkert og jevnt tilbake i velstand. »Av disse byers befolkning utvandret i denne periode vel en stor del av den bedst konkurrancedygtige unge slægt. Tilbake blev de gamle og de mindre konkurrancedygtige, blandt hvilke økonomiske eller hjemlige sorger, ærgrelser i arbeide, nabotvist o. s. v.» (se spørksmaalskema V) gjør sig mere gjældende end hos en sterk konkurrancedygtig, livsglad befolkning.

Livsglæden har heller ikke altid været høi i disse smaabyer, i alle fald ikke for dem som ikke har hat et naturlig fond av livsglæde at falde tilbake paa, og for hvem ikke arbeidet i og for sig har været livsglæde nok.

I samme forbindelse nævner jeg, at det ofte har vakt min opmerksomhet hvor ofte jeg blandt de kræftsykes nære slægt har kunnet paavise epilepsi og sindssygdomme — muligens ogsaa tilfældige fund, men dog saa hyppig forekommende at jeg vil nævne det.«

De av dr. ERICHSEN fremholdte stedlige eiendommeligheter indeslutter altsaa som forklaring for den høie kræftdødelighet 1) mange gamle individer hos befolkningen, 2) stille, stagnerende livsforhold, 3) et mulig smitte-moment.

*

¹ F. G. GADE, Tidsskr. f. d. n. Lægef. 1910, s. 102; nærværende arbeide s. 19.

Fra Lister og Mandals amt har meddelelser faldt meget spredt.

Bedst samlet er de fra byerne Kristiansand og Mandal, og om de herfra i nogen grad bærer præg av at stamme fra hospitals- og operationskasus, tør de dog ansees for nogenlunde at vise forholdene i landets sydligste del.

Ialt har lægerne i de nævnte 2 byer meldt 83 tilfælder (35 mænd, 48 kvinder; 63 gifte, 20 ugifte, blandt de sidste to piker paa 7 aar — sarkomer).

Lokalisationen til *organerne* falder saaledes:

Ventrikel	12	}	Cutis	5	}	Mamma	18
Oesophagus	1		Palpebra	2		Uterus	8
Ileum	1		Labium	13	}	Ovarium	1
Colon	1		Os	1		Ren	1
Rectum	3	}	Max. sup.	4		Ves. urin.	1
Pankreas	1		» inf.	2		Sarkom	6
Ves. fellea	1	}	Larynx	1			

Paafaldende er det her hvilken forholdsvis beskeden plads ventrikelkræften (14.6 %) — i det hele tat kræften i fordøielsesorganerne (21.7 %) — indtar i kræftbilledet, medens hud- og læbekræft samt kræft i uterus, men særlig i mamma optræer med større tal. For en del tør dette vistnok skrives paa regning av den ovenfor nævnte omstændighet, at de her anmeldte tilfælder for en ikke ringe del vistnok er operationskasus. Men det store antal av læbekræft (10 av de 13 tilf.) skriver sig fra patienter, bønder og sjøfolk, født og bosittende i distrikterne omkring, helt op i Setesdalen hvor snadden stadig hænger i munden. Kun i ét tilfælde — en skibsfører fra Kristiansand — oplyses det at han aldrig har røkt tobak (no. 1886). Se ogsaa meddelelser fra Gol, s. 80.

For 24 (23) av de meldte 83 tilfælder oplyses det at der er kræft hos patientens far, mor eller søskende, tildels hos flere medlemmer av familien, saaledes en gang hvor far og 3 sønner alle har kræft. I 1 tilfælde meldes om kræft hos ægtefællen, i 1 tilfælde i samme bolig, men ellers i 17 tilfælder i nabolag og omgangskreds. Angaaende en av de av læbekræft lidende (no. 668) anføres det at 5—6 aar i forveien hadde 2 andre mænd paa samme gaard ogsaa lidt av cancer labii, uten at dog denne patient hadde hat synderlig omgang med dem, kun laant den ene en andagtsbok.

*

Fra Sand herred (Ryfylke) har distriktslæge ØSTVOLD levert en meget omhyggelig fortegnelse over de i herredet forekomne dødsfald av

kræft i løpet av aarene 1893—1912, tillikemed opplysninger om de enkelte individers bopæl, fødested og særlige forhold.

Det samlede antal kræftdødsfald i de nævnte 20 aar er 33, altsaa gjennemsnittlig 1.65 om aaret. Da herredets befolkning har svinget mellem 1494 individer (i 1890) og 1442 i 1900, derav 6—700 paa selve strandstedet Sand ved Suldalslaagens utløp i Strandsfjorden, svarer dette antal dødsfald til en kræftdødelighet av 11.3 paa 10000 levende, et tal som, om end høiere end distrikterne omkring utviser, dog ligger litt under det for hele Sands distrikt for 10-aaret 1902—11 efter medicinalkontorets lister fundne, nemlig 12.5 pr. 10000 (se side 12).

Av de 33 kræftdødsfald er 19 mænd, 14 kvinder; 30 har været gifte, 3 (2 kvinder, 1 mand ugift).

Med hensyn til de angrepne organer staar ventriklen først med 12 tilfælder; tar man her med 1 tilf. i oesophagus, 1 i lever, 3 i rectum, viser fordøielseskanalen 17 tilfælder eller mere end halvdelen av samtlige; desuten er 2 tilf. fra læben, 1 tungen; 4 mamma, 2 uterus; 3 abdomen; 1 maxilla sup.; 3 sarkom.

Herredet omfatter ifølge dr. ØSTVOLDs meddelelser foruten strandstedet 16 forskjellige gaarde, de fleste beliggende paa Sandsfjordens østbred og Hylsfjordens nordbred, nogen faa ogsaa paa de motsatte fjordbredder, samt to opefter langs Suldalslaagen.

Kræfttilfældene findes, efter patienternes bosted at dømme, temmelig jevnt fordelt over hele herredet. Strandstedet selv med op mot halvdelen av herredets indbyggertal viser 13 kræftdødsfald (ca. 40 %), de 16 gaarde 1 eller 2 hver. Fordelingen efter patienternes fødested er vanskeligere at paapeke, da et større antal (17) av dem alene angives at være født i herredet uten angivelse av gaarden; 5 er utenbygds, 3 er født paa strandstedet. Dog kan det bemerkes at av de resterende 8 kræftpatienter er 3 født paa samme gaard, de 5 øvrige paa spredte gaarde.

Det opplyses ikke hvorvidt nogen av de kræftdødes forældre eller born har hat kræft. Men to av de opførte er bror og søster (begge c. ventriculi), og 1 mand med c. recti har en utenbygds søster død av cancer mammæ.

I intet av tilfældene er der cancer hos to ægtefæller (cancer à deux); om ægtefællers sundhetstilstand gives i alle tilfælder opplysning.

Men to gange noteres at en mands første og anden hustru er død av kræft (begge gange forskjellige kræftlokalisationer), medens manden forblir frisk, i det ene tilfælde gift for tredje gang.

Disse to tilfælder, hvor begge hustruer dør av kræft, er ogsaa de eneste hvor der meldes om flere kræfttilfælder i samme bolig.

Kræftdødsfaldenes antal pr. aar har variert ikke litet; fra 0 til 5. Rækkefølgen i de 20 aar ser saaledes ut: 4, 1, 1, 1, 1, 2, 0, 5, 0, 4, 2, 4, 0, 0, 2, 3, 1, 1, 0, 1; neppe nogen paavislig rytme i de smaa tal.

Fra Kopervig (Karmøen) har dr. FR. VALEUR indsendt meddelelser om 64 tilfælder av maligne svulster; 31 mænd, 33 kvinder. Av disse var samtlige mænd gifte, 10 kvinder ugifte.

De fleste av tilfælderne — 19 — er fra 1909, de øvrige fordelt paa aarene 1906—1912 med 5 til 8 tilf. aarlig samt enkelte spredte tilfælder fra tidligere aar like til 1899.

Av de angrepne organer kommer ventriklen først med 27 tilf., dertil tarmkanalen 3 tilf., fordøielseskanalen saaledes ialt 30 (47 $\frac{0}{10}$); underlæben 13 tilf., der eiendommelig nok 5 hos kvinder; det siges uttrykkelig om disse at de ikke har brukt tobak eller røkt pipe; i mund, tunge, max. sup. 6 til., ydre hud 1; mamma 5, uterus 1; prostata 2; sarkom 5.

I 14 av tilfælderne meddeles om cancer hos nærmeste slægt; derav 4 gange hos faren, 1 gang hos moren alene, 7 gange hos en bror eller søster alene, 1 gang far og halvsøster, 1 gang far, bror og søster.

I 3 tilfælder er ogsaa ægtefællen kræftsyk (1 gang manden, 2 gange hustruen).

*

Fra Vik i Sogn har i 1908 dr. J. CHR. EGENÆS sendt Kræftkomiteen resultaterne av en undersøkelse over kræftsygdommenes utbredelse, delvis i form av en enquête hos befolkningen, som han under en kortere konstitution som distriktslæge foretok.

Forholdene i Vik synes at frembyde visse drag av interesse. Selve Vikbygden bestaar av 2 dalfører, et østlig om Storelven, et vestlig, Bødalen; begge støter sammen et godt stykke op i landet ovenfor Vikøren og fjordbunden, men de to dalførers elve løper ikke sammen, og de tømmer sig i fjorden med skilte mundingar.

Det synes nu som om samtlige de 21 kræfttilfælder som dr. E. har kunnet faa opspore gjennom de sidste 20 aar, er opstaat i det østlige, tyndest befolkede dalstrøk om Storelven, medens der i Bødalen, som rummer den største del av bygdens 2000 mennesker, efter dr. EGENÆS kun har været et tvilsomt kræfttilfælde at finde. Et vedlagt kart belyser dette.

Hvad befolkningen forøvrig angaar, opplyses det at flesk indgaar som en særdeles væsentlig del av kosten, og at dyspepsi er en meget almindelig plage.

*

Fra Hevne, som efter mortalitetsstatistiken hører til en av landets mest kræfthjemsøkte egne, har distriktslæge HJ. WEDØE sendt meddelelser om 68 tilfælder av kræft, samlet i tidsrummet fra 1902—1912, 33 mænd, 35 kvinder; av disse er kun 3, 2 kvinder 1 mand, ugifte.

Lokalisationen av kræften til de forskjellige organer falder saaledes:

Ventrikel	34	Labium	1	Mamma	5
Oesophagus	5	Os, max. sup.	3	Uterus	5
Rectum	3	Lingva	1	Abdomen	5
Hepar	2	Gl. thyreoid.	2	Testis	1
		Vesica urin.	1		

Ventrikelkræft indtar halvdelen av de meldte tilfælder; med tillæg av kræft i spiserør, endetarm og lever blir kræft i fordøielsesorganerne 67.7 % av samtlige. Derimot nævnes ikke et eneste tilfælde av hudkræft, kun 1 læbekræft, og 3 tilf. av kræft i munden, hvorav det ene angives at være tvilsomt (aktinomykose?).

I de kvindelige generationsorganer, mamma og uterus, er kræft ikke saa sjelden (5 + 5 tilf.); antagelig kan ogsaa nogen av de for abdomen opførte tilfælder henføres her.

Sammenlignet med en bygd som f. eks. Gol gir det hele et adskillig andet billede av kræftlokaliseringen.

Med hensyn til familie- og boligforhold gir meddelelserne ikke altid ønskelig besked, idet dr. WEDØE gjør opmerksom paa at disse kræftpatisenter oftest er meget gamle (7 er over 80, 2 over 90 aar, gjennemsnittsalderen for samtlige er 64 aar), saa disse forhold er længst glemt.

Kræft hos far, mor eller søskende nævnes dog i 8 tilfælder (7, to anmeldte er søskende); i ét tilfælde har ogsaa ægtefællen kræft (begge i ventriklen), og i paafaldende faa tilfælder ogsaa kræft i nabolag eller i samme hus (2 gange).

I sine meddelelser til Kræftkomiteen bemerker dr. WEDØE at *befolkningen* i Hevne væsentlig bestaar av indflytterfolk fra de omliggende distrikter. De gamle slægter som har været bosat her, er forholdsvis faa, i ethvert fald er disse ogsaa sterkt opblandet.

De forekommende kræfttilfælder er spredt over hele distriktet uten nogen sammenhæng mellem tilfældene indbyrdes.

Dr. WEDØE gjør særlig opmerksom paa at befolkningen i Hevne lever paa en meget ensartet, tungt fordøielig kost, idet man har forlatt det gamle tilvante kosthold av gaardens produkter. Disse sælges nu, f. eks. havren, og der kommer igjen kjopevarer, siktet mel og brød; kaffe brukes meget i stedet for melk, separatoren findes overalt, og særlig bar-

nene lider ved denne underernæring, hvad forøvrig nu synes at gaa op for folk, saa de angivelig nu begynder at holde av nysilt melk til dem.

Dr. WEDØE paapeker ogsaa at der i en bestemt del av distriktet, Snildalen, Krogstad og Berg (Snilfjorden), ikke har været et eneste tilfælde av kræft, uten i en bidal til Snilfjorden samt i den allerytterste del av fjorden, som dog ikke har forbindelse med de nævnte bygder.

Disse kræftfrie strækninger danner en grænd for sig selv, hvor befolkningen er meget indgiftet, saa at man kan sige at de danner én familie. Bygden er en skogbygd, hvor der er jevn god velstand med ganske gammeldags patriarkalske forhold. De lever endnu paa den gamle maate av gaardens avling, kjøper litet utenfra. — — Folket er kraftig og velnæret, og hvad der ikke er mindst at lægge mærke til: i godt humør, venlige, ikke tyngtet av verdens sorger¹ — — — gjestevenlige, velvillige, troskyldige. I det hele tat et bra folkefærd.

Disse karaktertræk tilskriver dr. WEDØE for det meste deres gode kaar saalænge tilbake som folk mindes.

Ganske betegnende er det, at befolkningen selv er opmerksom paa kræften paa de steder hvor den har forekommet, f. eks. Vinjefjorden, og tror bestemt at aarsaken er den forandrede levemaate med kjøp av mel utenfra og salg av gaardens produkter. — »Separatoren er efter min mening baade for cancer og for tuberkulose en hjælper« — slutter dr. WEDØE.

*

Fra Meldalen har distriktslæge E. STØREN indsendt meddelelser om 114 kræftpatienter iagttagne av ham i aarene 1887—1915.

Meddelelserne er ledsaget av et meget noiagtig *kart*, hvor alle gaarde som har huset kræftpatienter, er avmerket², likesom dr. STØREN gir en samlet *oversigt* over kræftens forekomst i hans praksisomraade gjennem de nævnte aar.

Av de 114 meddelelser mangler 5 enten nøiere diagnose eller angivelse av kjøen. Av de øvrige 109 er 39 mænd og 70 kvinder med følgende *kræftlokalisationer*:

	Mænd	Kvinder	Tilsammen
C. ventriculi	20	17	30
» intestini	1	2	3
» recti	5	2	7
			40

¹ Sammenhold hermed dr. STIAN ERICHSENS bemerkninger om forholdene i Tvedestrand s. 87.

² Kræfttilfældene er avmerket paa det sted, hvor patienten opholdt sig da han blev angrepen, i enkelte tilfælder ogsaa hvor han opholdt sig i længere tid under sygdommen.

	Mænd	Kvinder	Tilsammen
C. uteri		10	10
» mammæ		10	10
» prostatæ	1		1
» abdominis		2	2
» vesicæ	1	1	2
» vulvæ		1	1
» cutis		5	5
» labii	5	4	9
Sarkomer	6	16	22
	39	70	109

Paafaldende er for det første den betydelige overvegt for kvindernes vedkommende, over 64 %, medens kræft hos kvinder her i landet efter dødsstatistiken ellers er omkring 51 % av det hele antal.

Denne overvegt paa kvindesiden skyldes ikke alene det ganske store antal tilfælder av cancer mammæ og c. uteri, men tillike den omstændighet, at ogsaa visse andre cancerformer som ellers fortrinsvis rammer mænd, saaledes c. cutis, her med forkjærlighet synes at ramme kvinder, likesom ogsaa c. labii er hyppigere hos kvinder end vanlig. Men særlig gjør sig for Meldalen bemerkbar det *store antal sarkomer* (20 % av alle maligne svulster mot 5—6 % i landet som helhet), hvorav atter henimot $\frac{3}{4}$ forekommer hos kvinderne.

Av dr. STØRENS *oversigt* hitsættes her det væsentlige:

Kræft er optraadt jevnt fordelt over hele bygden, saa der i det hele er flere tilfælder der hvor befolkningen bor tæt, end der hvor den er mere spredt. I den senere tid er der kommen en noget tettere bebyggelse omkring Løkkens gruber, men da det her væsentlig er indflyttere og friske arbeidsdygtige folk, vil kræfttilfældene her være forholdsvis faa.

Selv avsidesliggende steder som har besværlig kommunikation, gaar ikke fri. Heller ikke synes det at spille nogen rolle enten begyggelsen ligger nede i dalbunden eller høiere op. Der er ingen vasdrag om hvilke sygdommen synes at være gruppert. Sygdommen forekommer like saa vel paa de steder, hvor man kan anta at grundvandet ligger høit, som paa lokaliteter hvor det maa rende undav efter hvert.

Jordbunden bestaar saa godt som overalt av grus og aur, saa forholdene i den henseende er ens.

Alt dette støtter den antagelse, at sygdommens aarsak findes overalt.

Sygdommen forekommer blandt alle klasser, baade mere velstaaende og fattigere, om dette end ikke kan belyses statistisk.

I store træk er rensligheten god. Utoi — lus og væggedyr — har tidligere været en sjeldenhet, men importeres nu oftere med den store trafik. Lopper derimot har der til enhver tid været noksaa meget, da man i alle huser væsentlig har brukt halmadrasser og skindfelder. Den personlige renslighet har i det hele været bra, og det kan ikke siges at cancer mere har været at finde under urenslige forhold end andre.

Derimot synes det som om gjentagne cancertilfælder i samme hus helst forekommer i boliger med mindre gode renslighetsforhold, og hvor der har været folk som litet har brydd sig om sig selv (f. eks. gamle).

Av 80 tilfælder fra selve Meldalen (herredet hadde 1910 4257 indbyggere) finder dr. STØREN 12 gange 2 eller flere kræfttilfælder i samme hus med ialt 27 angrepne;

5 gange kræft hos begge ægtefæller, 3 gange hos forældre og barn.

I de huser hvor der er forekommet flere kræfttilfælder, er disse ikke altid av samme art. I 5 huser har samtlige tilfælder været c. ventriculi, derav en gang tre patienter, i ét hus 2 gange sarkom. Men i de andre 6 huser er forskjellige carcinomlokalisationer optraadt, likesaa sarkom og carcinom i samme hus; heller ikke ægtefæller har altid samme kræftform.

Hos de tre tilfælder av kræft hos forældre og barn er kræftens lokalisasjon ens.

Dr. STØREN mener at de sidstnævnte forhold av kræftsygdommene har et fælles ophav, muligens med en arvelig optræden av ensartet locus minoris resistantiæ hos medlemmer av samme familie. Tallene er dog her for smaa til at nogen slutninger herav kan drages; dog er selve tanken om en familiedisposition ved lokalisasjonen av kræft ogsaa ovenfor fremført, men turde væsentlig komme i betragtning hvor kræftsvulsten forefindes hos flere medlemmer av samme familie paa et sted paa legemet hvor kræftutvikling er sjelden, samtidig med at der ikke kan paavises nogen indvirkning av ensartet kræftbegunstigende irritament hos de angrepne slægtninger (se side 70).

*

De to amtssykehus i Nordre Trondhjems amt, sykehusene i Levanger og Namsos, har hver indsendt et ganske stort antal skemaer til komiteen, resp. 116 og 45, tils. 161, hvori dog for fuldstændighets skyld er medregnet endel der er indkommet i 1913, altsaa efter den første samlingsperiodes ophør, hvilket selvfølgelig ikke er til hinder for at de kan benyttes i denne sammenstilling.

Det vil dog neppe være heldig at behandle deres meddelelser under ét i den tanke, derigjennem muligens at faa et bredere begrundet indtryk av kræftens forhold i N. Trondhjems amt. Thi ved nærmere eftersyn fin-

der vi at de to sykehuser synes at arbeide med noget forskjellig materiale, saa de ikke helt kan sammenstilles.

Av de 45 tilfælder fra Namdalens sykehus, Namsos, var 21 mænd, 23 kvinder, hvorav resp. 2 og 7 ugifte.

Hyppigst angrepet sees av alle organer ventriklen at være, 18 tilf.; med 2 tilf. av coloncancer blir det 20 tilf. i fordeielseskanalen. Dernæst viser mamma 7, uterus (ib. i vagina) 6; labia majora 4, ytre hud forøvrig 6. 1 sarkom.

I 6 tilfælder meddeles at patientens nærmeste slægt ogsaa har lidt av cancer (i et tilfælde far og to søstre).

I 2 tilfælder var ogsaa ægtefællen kræftsyk (i det ene tilf. dog med reservation) 1 gang nævnes desuten husfæller, 4 gange nabo og 2 gange omgangsvenner.

Ventrikelkræften sees her at ha den vanlige overvegt blandt lokalisationerne, og kræft i de kvindelige genitalorganer likeledes at ligge inden de vanlige grænser.

Meddelelserne fra Levanger sykehus har et andet præg. Av de 116 tilfælder er 47 fra mænd, 69 kvinder, hvorav henholdsvis 7 og 30, altsaa et usædvanlig høit antal, ugifte, særlig for kvindernes vedkommende.

Vi møter ogsaa en anden fordeling av kræftens forskjellige lokalisationer end vanlig sees. Ventriklen optrær alene med 18 tilf., colon og rectum med 8; mamma 18, uterus 12, ovarium 6; lab. inf. 9, lingva et os 5, cutis 6, genitalia ext. 2; 15 spredte lokalisationer og 18 sarkomer.

Men denne forskyvning fra det vanlige forhold kommer vistnok av at en stor del av klientelet har søkt sykehuset for at bli kirurgisk behandlet, hvilket selvfølgelig har præget belægget.

Angaaende forholdet med kræft i familien gir meddelelserne fra Levanger gjennemgaende fyldige oplysninger.

I 28 tilfælder noteres ogsaa medlemmer av patientens nærmeste slægt (forældre, søskende, som kræftsye, derav far 10 gange; mor 6; søster 4; bror 4; far og søster 1; far, farfar og faster 1; far og mor 1; mormor, moster og bror 1. Desuten farfar 1 gang, farfar og faster 1.

Kræft hos ægtefællen nævnes i 5 tilfælder, husfæller forøvrig 1, hos naboer og omgangskreds 12 gange. I nogen grad kan det forholdsvis lave tal av cancer à deux muligens være paavirket av at belægget indeholdt et uvanlig stort antal ugifte. Men selv om der tages hensyn hertil, synes familieindflydelsen dog her at være særlig iøinefaldende.

*

Distriktslæge S. B. STJERNHOLM, Lenviken, Tromsø amt, gjør i en række breve 1910—11 opmerksom paa at der i Troldvik grænd i løpet

av de sidste 13 aar var forekommet 11 tilfælder av cancer, et antal som for dette lille sted maa betegnes som meget betydelig. Av disse tilfælder var de 4 endog indtrufne i det sidst forløpne aar (1911).

Efter dr. STJERNHOLMS meddelelser ligger Troldvik grænd som en tætbebygget ca. 2 km. langstrakt stripe langs sjøen, paa fastlandet ca. 6 kilometer nord for Finsnes; stedet ligger i et bakkeheld med gneis-underlag.

Stedets befolkning, omkring 150 mennesker, hører til den økonomisk bedst stillede og »civiliserte« del av folket i Lenvikens distrikt. Levemaate og kosthold likeledes det bedste i distriktet, saa dyspeptiske momenter neppe foreligger. Omtrent alle mænd driver som notebaser sildefiskeri med større fartøier nedover paa Vestlandet.

Befolkningen i Lenviken er ifølge dr. ARBO og dr. GRØNN vistnok meget blandet norsk og lap. Dr. STJERNHOLM mener dog at Troldvikbefolkningen er mindst blandet, om der end er baade dolicho- og brachycephale typer, begge vel voksne race. Nogen indvandring fra den dolichocephale befolkning i Maalselven antages ikke at ha fundet sted. Der er meget indgifte blandt familierne, og i mere eller mindre grad er næsten alle beboerne i grænden »skyldte«.

De indtrufne kræfttilfælder (dødsfald) har været forholdsvís jevnt spredt langs hele grænden, i ét hus dog 2, i et andet 3 tilfælder. De har saa godt som alle været ventrikeltumorer, i det sidste aar dog ogsaa 1 tilf. av c. oesophagi og 1 tilf. av c. uteri.

En mand som sidste aar døde av c. ventriculi, var 3 aar tidligere operert paa Tromsø sykehus for c. mammæ. Endvidere er av dr. S. SANDBERG, Tromsø, anmeldt til Kræftkomiteen en kvinde med c. lingvæ, født i Troldvik (lb.no. 2825), og en her bosittende i Græsmyr født kvinde med c. ventriculi.

Overalt ellers i det store Lenviken distrikt er ifølge dr. STJERNHOLM cancer en sjelden sygdom, og han erklærer at ha et meget sterkt indtryk av at denne »endemiske« optræden av kræftsygdommen paa et saa begrænset omraade som Troldvik maa bero paa »en smitteslæpning fra hus til hus«, eller, som han ogsaa antyder, ved at »ekskrementer fra kræftsyrke, der bringes ut til gjødsel, kan være smittebæreren, noget i likhet med indvoldssnylternes utbredelse ved grønsaker«.

For at faa greie paa hvorledes disse forhold senere hadde utviklet sig tilskrev han i oktober 1915 dr. STJERNHOLMS efterfølger i Lenviken, hr. distriktslæge L. M. FURREVIK, som i januar 1916 meddeler, »at der for tiden ikke er nogen kræftsyrke i Troldvik. I de sidste 3 aar har der ikke forekommet noget tilfælde av kræft eller dødsfald av kræft dersteds. Saa-

vidt jeg har kunnet bringe paa det rene, har der siden Jørgen Sivertsens død (1911) ikke indtruffet noget tilfælde av kræft i Troldvik.«

Dette meget eiendommelige forhold: en begrænset grænd, som i en aarrække er hjemsokt av kræft, og hvor sygdommen saa med en gang holder op at vise sig, kan muligens tages til indtægt for antagelsen av kræft som en smitsom sygdom, saaledes som dr. STJERNHOLM fik indtrykket av. Det vil være av stor interesse at forfølge eventuel senere optræden av kræft paa stedet, likesom ogsaa paa lignende begrænsede omraader, hvor lægen har let for at lære den hele befolkning at kjende og faar nøie indsigt i de enkelte individers livsforhold og slægtsforbindelser.

Det er dog ikke utelukket at ændring i ytre livsforhold kan ha betydning. Saaledes har LEUENBERGER (Semaine Méd. 1913, p. 23) gjort opmærksom paa at den betydelige sykелighet av blærekræft ved de store anilinfabriker i Basel først satte ind ved aaret 1900, efterat fabriken var begyndt med en ny fremstillingsmethode hvor paramido-phenol spiller en fremtrædende rolle. Uagtet farveindustrien der hadde været drevet siden 1859, hadde man tidligere ikke hat cancer.

*

Distriktslæge R. MOSSIGE i Maalselven, et distrikt hvis befolkning for en ikke uvæsentlig del stammer fra indflyttere fra østlandske dalfører, har i 5-aaret indsendt 27 cancerskemaer til komiteen.

Av disse 27 kræftpatienter er

11 født i Maalselven og Bardo,

3 er svenskfødte kvæner,

1 er svenskfødt finlap,

12 indvandret fra sydligere dele av Norge, særlig fra øverste del av Østerdalen (Tonset 3, Tolgen og Foldal hver 1) og Gudbrandsdalen (Gausdal, Lom, Dovre), de øvrige spredt.

Av de 27 kræftsyke led 19 av cancer ventr., de øvrige 8 tilfælder fordeltes mellem cancer recti (S-Rom.), c. labii inf., c. mammæ, c. uteri, hver lokalisation hos 2 individer.

Dr. MOSSIGE uttaler, at kræften synes at være mere utbredt blandt den langskallede befolkning som er fremherskende i distriktet. — Ialfald har han hørt av kolleger i amtets kystdistrikter, der har større lappisk-kvænsk befolkning, at kræften der skal være sjelden, eller i alle fald sjeldnere end den viser sig at være i Maalselven.

*

Fra Vadsø uttaler hr. sykehuslæge H. SUNDT i brev av 6te februar følgende:

»Angaaende cancerens indflydelse kan jeg ikke uttale mig noget specielt for lapperne vedkommende, da jeg ikke har saa meget med dem i praksis — — — men faa eller ingen av dem blandt mine cancere; no. 1387 og no. 1261 er dog lapper. Jeg har snakket med distriktslæge WESSEL i Syd-Varanger derom, og *han var enig med mig i, at norske og kvæner er absolut mere hjemsoekt med hensyn til cancer end lapperne*¹.

Men der er en anden ting, som jeg tror at burde sætte fingeren paa: av mine utfyldte 10 cancerskemata er 7 for norske (2 for lapper, 1 for kvæn. Har desuten 3 kvæner mistænkt for cancer for tiden). Av disse (norske) er 5 fra Sørlandet indflyttede; alle er komne sydfra i sine unge eller yngre dage. Hvad no. 1388 angaar er muligens han ogsaa kommen sydfra, i al fald vistnok hans forældre.«

Angaaende kræfttilfældenes fordeling i Vadsø by uttaler dr. SUNDT at 3 patienter levede i Midt-byen, 3 i Indre Kvænby, 2 i Ytre Kvænby. specielt har et litet strøk i Indre Kvænby været hjemsoekt av cancer. — — »Og som sagt: de indflyttede norske synes prædisponeret«.

Ved en senere indsendelse av to nye kræftskemaer, hvorav det ene gjaldt en svensk født, det andet en finlænder, uttaler dr. SUNDT at dette »stemmer med den før paapekte eiendommelighet, at det hovedsagelig synes at være indvandrede der faar cancer i Finmarken. Men her maa huskes paa at den allerstørste del av amtets befolkning er indvandrede«.

Dr. SUNDTs sidste bemerkning her svækker vistnok betydningen av hans paastand om, at det fornemlig er de indflyttede som faar cancer i Finmarken; derimot har den ingen indflydelse paa hans bedømmelse av de racer der viser sig mest tilbøielig til at angripes av cancer.

Og denne bedømmelse faar en viss støtte ved de av hr. sykehuslæge O. P. HERMANSEN fra Vardø indsendte 6 skemaer.

Av disse gjælder 2 finlændere (begge fra Uleåborg län), 2 norske, indflyttede sørfra (1 fra Senjen, 1 fra Trondhjem), desuten 1 i Vardø og 1 i Vadsø født person, uten angivelse av race.

*

Fra Karlsøy skriver distriktslæge J. C. EGENÆS at kræften efter hans erfaring er den sjeldnest forekommende sygdom i distriktet. Paa en befolkning av 3587 mennesker (folketælling 1910) hadde han i løpet av de sidste 4 aar kun fundet 4 sikre, desuten 2 sandsynlige tilfælder av kræft. Hos befolkningen kunde han heller ikke faa oplysninger om sygdommens forekomst.

¹ Uthævet av dr. SUNDT.

Der er i Karlsøy en del indflytterfolk sørfra, særlig fra Gudbrandsdalen, foruten den lappiske og finske befolkning.

Av de 6 kræftdøde var 5 sikkert, 1 maaske finne (kvinde).

Kræftens lokalisasjon var i 5 tilfælder ventriklen, derav de 4 med uttalte fænomener av stenosis cardiæ aut oesophagi; et tilfælde av lymphosarcoma colli.

For Syd-Varangers lægedistrikt har distriktslæge A. B. WESSEL velvillig til Kræftkomiteen avgit nedenstaaende meddelelse om de av ham iagttagne *tilfælder av kræft* i aarene 1886—1910 (25 aar), ordnet efter *race* og *kjon*.

Diagnose	Nordmænd		Lapper		Kvæner		Sum	
	M.	K.	M.	K.	M.	K.	M.	K.
Cancer lab. inf.	1				2		3	
— lingvæ	1						1	
Epithelioma faciei	1				1		2	
Cancer uteri				1		1		2
— ventric.	1	1	1		2		4	1
— oesoph.			1				1	
— hepatis	1						1	
— recti					1		1	
Sarcoma testis			1				1	
— sterni			1				1	
— pulmon.			1				1	
	5 1		5 1		6 1		16 3	
	= 31,6 0/0		31,6 0/0		36,8 0/0		19	

Befolkningen utgjorde (1890) 1965 individer og omtrent det samme i 1900. Derav var

Nordmænd	Lapper	Kvæner
307	637	894
= 15,6 0/0	32,4 0/0	45,5 0/0

Det fremgaar herav at naar av nordmænd 100 lider av kræft, har kun 48 lapper og 40 kvæner sygdommen.

Denne dr. WESSELS redegjørelse skulde saaledes vise en betydelig større — mere end dobbelt saa stor — tilbøielighet hos nordmændene for de cancrøse sygdomme end hos lapper og kvæner.

Ikke usandsynlig er ogsaa nordmændene mere utsat for kræft end de nævnte 2 andre racer. Men det her utregnede forhold tør dog ikke ansees for at være uomtvistelig. Dels er nemlig de til raadighet staaende

tal smaa, hvad selve kræfttilfældene angaar, dels har ogsaa befolkningsforholdene i Syd-Varanger ændret sig ganske betydelig i de senere aar. Folketællingen i 1910 anfører i distriktet en samlet befolkning paa omkring 3300 individer.

(*Anmerknning under trykningen.* — En senere meddelelse fra distriktslæge WESSEL om dødsfald av kræft i Syd-Varanger i de efterfølgende 4 aar 1911–1914 synes ogsaa at tyde paa en viss forskyvning i forholdene, om end tallene for disse aar selvfølgelig er meget mindre end for det foregaaende tidsrum og derfor opfordrer til end yderligere forsigtighed med hensyn til derav at drage slutninger.

I de 4 aar er der i Syd-Varanger forefaldt 14 dødsfald av kræft (13 carcinomer, 1 sarkom), saaledes fordelt paa folkeracerne:

Norske		Kvæner		Lapper	
M.	K.	M.	K.	M.	K.
4	3	5	1	0	1
7		6		1	
50 0/0		42.8 0/0		7.2 0/0	
= 14					

samtidig med at befolkningen ifølge folketællingen i 1910 viste følgende fordeling:

Norske		Kvæner		Lapper		Blandet
M.	K.	M.	K.	M.	K.	
889	711	457	389	347	353	
1600		846		700		
48.43 0/0		25.60 0/0		21.19 0/0		158 = 3304 7 48 0/0

Det skulde av tallene se ut som om de norske ikke i samme forhold som før rammedes av kræft — neppe halvt saa meget — medens kræften var i utbredelse hos lapperne.

For de sidstes vedkommende tillater det enkelte forekomne dødsfald selvfølgelig ingensomhelst slutning. Men for nordmændene vil det sees at der har foregaaet en betydelig forøkelse i deres tal, vistnok væsentlig paa grund av indflytning av arbeidere til de store malmgruber i Kirkenæs, og da denne arbeidsstok for det meste bestaar av yngre folk under eller i begyndelsen av den egentlige kræftalder, er den lavere kræftprocent hos de norske let forklarlig.)

Sammendrag.

Ovenstaaende *lokalberetninger* er, som ovenfor paapekt, dels fremkommet som direkte meddelelser fra vedkommende læger og omfatter da ofte et længere tidsrum, dels utarbeidet av de for 5-aaret 1908—12 til Kræftkomiteen indkomne skemaer fra forskjellige læger i egnen.

Nogen direkte sammenligning mellem de enkelte lokalberetninger kan saaledes ikke gjøres, saa meget mindre som, hvad der ogsaa for er nævnt, materialet til den sidstnævnte gruppe lokalberetninger i flere tilfælder væsentlig synes at skrive sig fra et sykehus- eller operationsklientel som med sin begrænsning ikke gir noget rigtig billede av kræftsygdommen i egnen.

I det hele vil man finde de ovenfor (i arbeidets del II) nævnte hovedtræk igjen. Saaledes f. eks. den sterke fremtræden av c. labii i Gol (og Hemsedal), som er en høitliggende dalbygd.

Ellers er selvfølgelig mavekræft overalt den mest fremtrædende lokalisering i en række bygder, op til $\frac{2}{3}$ av alle meldte tilfælder, et enkelt sted, Troldvik, endog mere.

Paafaldende er de talrike sarkomer i Meldalen.

Kræft i familien (far, mor, søskende) har gjennemsnitlig været meldt 5 gange saa hyppig som *ægtefællekræft*. Der har dog ikke været anledning til at undersøke om dette forhold svarer til antallet paa de kræftsykes familiemedlemmer i nævnte begrænsning i forhold til ægtefæller. Et enkelt sted (Meldalen) var der færre tilfælder av familiekræft (3) end ægtefællekræft (5), begge dog meget faatallige.

Av interesse er meddelelserne fra egne hvor kræftsygdommen optrær begrænset til en enkelt *grund*, saaledes som i Vik (side 91), men særlig i Troldvik (side 95). Meldingerne fra sidstnævnte sted viser ogsaa at sygdommen kan svinde fra en slik kræftgrænd uten paavislig forandring i forholdene.

Hvor befolkningen er sammensat av forskjellige folkeracer, som i Finmarken, hvor norske, kvæner og lapper bor side om side, har der været gjort iagttagelser over *racens indflydelse* paa kræftens forekomst.

Om end faa synes disse iagttagelser at peke i retning av at nordmændene er mest utsat for sygdommen, lapperne mindst. Særlig angives nye indflyttere av norsk blod som kommer op i disse nordlige egne, at være utsat. Her er et interessant felt for videre iagttagelser.

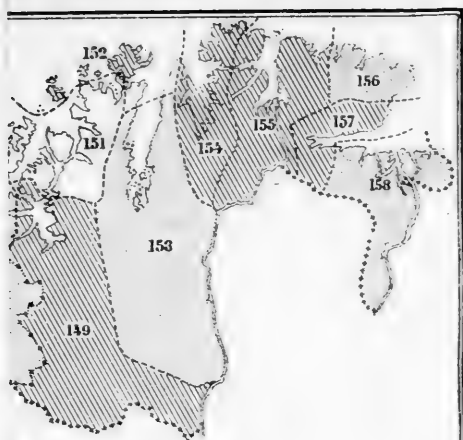
Slutning.

Formaalet med nærværende arbeide har utelukkende været at fremlægge det materiale som gennem Mortalitetsstatistiken og Kræftkomiteens indsamling staar til raadighet, for derav at søke dannet et billede av kræftsygdommenes forekomst og utbredelse i Norge for tiden.

De oftere paapekte mangler ved materialet, særlig ujevnheten av de til Kræftkomiteen indkomne meddelelser, bevirker at dette billede maa bli hullet og ufuldstændig.

Naar forsøket desuagtet er gjort, er det fordi at et lignende materiale hittil ikke har foreligget, og at det tør være vanskelig inden en rimelig aarrække at faa git det en saa betydelig utvidelse som et fuldstændig og helt paalidelig billede vil kræve.

Maaske vil veien til dypere innsigt i kræftsygdommenes forhold her i landet nærmest gaa gjennom nøiagtig gjennomgranskning av begrænsede dele av landet, saaledes som det delvis allerede er gjort. Muligens kan saadanne arbeider, for hvilke landets naturforhold synes at fremby usædvanlige betingelser, ogsaa føre nærmere frem mot vor tids store medicinske spøragsmaal: Kræftsygdommenes aarsaker.



Fortegnelse Lægedistrikter

50. Lyngdal.	102. Guldalen.
51. Vanse.	103. Opdal.
52. Flekkefjord.	104. Orkedalen.
Stavanger Amt.	105. Hitteren.
53. Sogndal.	106. Hevne.
54. Egersund.	107. Ytre Fosen.
55. Sandnes.	108. Indre —
56. Stavanger Stadsfys.	109. Nordre —
57. Stavanger.	Nordre Trondhjems
58. Finno.	Amt.
59. Sand.	110. Stjørdalen.
60. Karmøyen	111. Frosten.





A MONOGRAPH OF THE NORWEGIAN PHYSCIACEAE

BY
BERNT LYNGE

(WITH 3 PLATES, AND 11 TEXT FIGURES)

(VIDENSKAPSELSKAPETS SKRIFTER. I. MAT.-NATURV. KLASSE. 1916. No. 8)

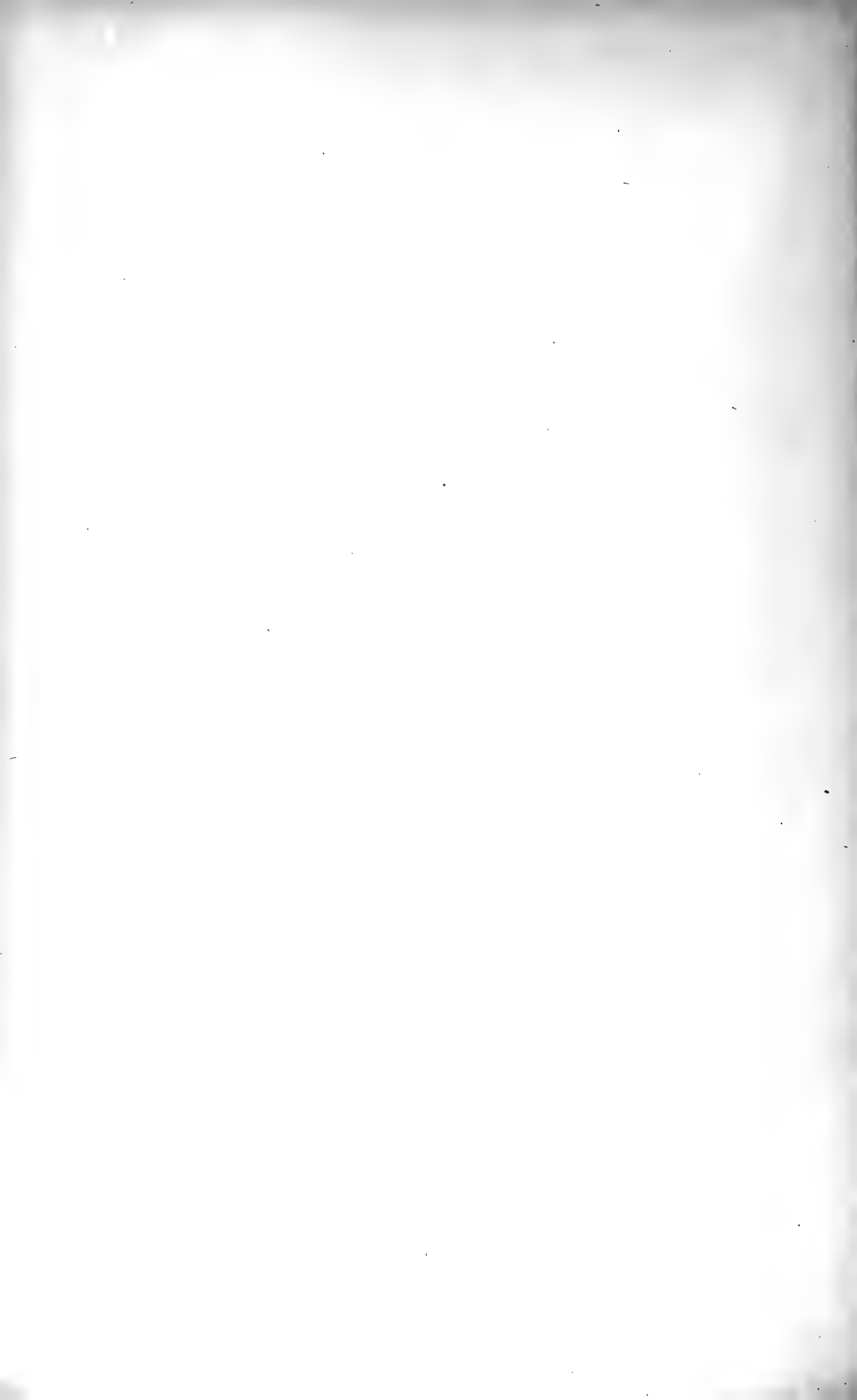


CHRISTIANIA
IN COMMISSION AT JACOB DYBWAD
1916

Fremlagt i den mat.-naturv. klasses møte den 14de april 1916 ved prof. WILLE.

CONTENTS.

	Page
Physciaceae (Preface)	I
Anaptychia	8
Physcia	21



Physciaceae.

Thallus membranaceous, laciniate, occasionally arbuscular, fixed to the substratum by rhizines, stratified, with *Protococcus*-gonidia.

Apothecia (in our genera) lecanorine, paraphyses septate, undivided or branched, spores brown, one-septate. Fulcra endobasidial, articulate, pycnoconidia short, straight.

The Lichen species, now referred to the genera *Physcia* and *Anaptychia*, were for the greater part referred to the genus *Parmelia* by ACHARIUS, some of them to *Borreria* or to *Lecanora*. ELIAS FRIES¹ constructed the name *Physcia* as a »tribus« of *Parmelia*, comprising our *Physcia* and *Anaptychia*, whilst our *Parmelia* was included in another »tribus« of *Parmelia*, — *Imbricaria*. *Imbricaria* was described as having »Discus . . . strato gonimo impositus«, *Physcia* as having »Discus . . . strato medullari impositus«. FRIES did not use the microscope. A microscopical investigation shows that there is a well-developed stratum of gonidia under the hypothecium in our *Parmelia*, which stratum is either wanting in *Physcia* or poorly developed, consisting of a few scattered gonidia.

KOERBER² reserved the name *Imbricaria* for our *Parmelia*, the name *Parmelia* for our *Physcia* and *Anaptychia*, and the name *Physcia* for our *Xanthoria*. MASSALONGO³ employed another nomenclature, and used the name *Anaptychia* for our *Physcia* and *Anaptychia*, making no distinction between them. His *Physcia* comprises our *Xanthoria* and *Caloplaca*, whilst his *Parmelia* agrees with our comprehension of the name.

KOERBER and MASSALONGO were among the first lichenologists to employ microscopical characters as the base of their systems, and accordingly they were able to make use of the form of the spores as an important character.

¹ FRIES, ELIAS. Systema Orbis (1825) p. 242.

² KOERBER: Systema Lichenum (1855) p. 68.

³ MASSALONGO: Memorie Lichenografiche (1855) p. 33.

NYLANDER¹ raised the »tribus« *Physcia* (sensu FRIESII) to the rank of a genus, also comprising our *Xanthoria* on account of the spores which are one-septate in these genera. In this last particular NYLANDER was followed by later English and French authors (CROMBIE, HARMAND, and HUE). On account of the uncoloured spores TH. FRIES² separated *Xanthoria* from *Physcia*. His genus *Physcia* comprised our *Physcia* as well as *Anaptychia*, but later on he separated them as subgenera³, being well aware of the importance of the anatomy of the thallus.

All the above authors were of the opinion that the *Physciaceae* and the *Parmeliaceae* were nearly related families. In the meantime the theory of the evolution of species began to free several of the former great sections of systematic botany, which were henceforth to be regarded as polyphyletic sections. — From different origins the plants had assumed convergent forms, either due to cognate reaction on the same exterior circumstances, or to cognate and innate tendencies of variation.

Thus the large section *Lichenes Phylloblasti* KBR. was regarded as the most highly developed representative of different series of evolution. In some cases the pedigree is relatively clear, in many cases not. There are very few fossile Lichens, for the highly transient thallus of the Lichens does not contain parts capable of preservation during geological periods.

The fundamental work by WAINIO: *Étude sur la classification des Lichens du Brésil* (1890) is based on the modern view, which is theoretically considered by REINKE in his *Abhandlungen über Flechten* IV—V (1895—1896), and constructed in detail by ZAHLBRUCKNER in *Die Natürlichen Pflanzenfamilien* (1907).

WAINIO draws up a section *Buellieae*, comprising the genera *Anaptychia*, *Physcia*, *Pyxine*, *Rinodina*, and *Buellia*. *Physcia* is removed from relationship with the other foliaceous Lichens, and — on account of the dark, septate spores — placed with the above mentioned genera, gathered from very different parts of the old system. REINKE follows WAINIO, only using the name *Physciaceae* instead of *Buellieae*. ZAHLBRUCKNER divides the section into two families: *Buelliaceae*, comprising the two crustaceous genera *Buellia* and *Rinodina*, and *Physciaceae*, with the three foliaceous genera *Pyxine*, *Physcia*, and *Anaptychia*.

¹ NYLANDER: *Classif.* 2, p. 174.

² FRIES, TH.: *Lichenes Arctoi* (1860) p. 66.

³ FRIES, TH.: *Lich. Scand.* I. (1871) p. 132 et 135.

The early authors attached great importance to the position of the gonidia in the apothecia. If the apothecia contained gonidia, they were called lecanorine, and if not, lecideine. On this basis *Buellia* was referred to the lecideine, the other genera to the lecanorine Lichens. Modern systematists, however, have more strongly emphasised the importance of the spores.

A related series of evolution, the *Theloschisteae*, was already in 1871 drawn up by the Norwegian lichenologist J. M. NORMAN, on the same principles: »Teloschistei sunt Heterolichenes sporis hyalinis . . . in locula remotiora 2 v. 4 constrictis«¹. This section comprises our genera *Blastenia*, *Caloplaca*, *Xanthoria*, and *Theloschistes*, accordingly Lichens with lecideine as well as with lecanorine apothecia. ZAHLBRUCKNER also divides this family into two families: *Caloplacaceae* with two crustaceous genera *Blastenia* and *Caloplaca*, and *Theloschistaceae* with two foliaceous genera *Xanthoria* and *Theloschistes*.

The relationship between the *Buelliae* and the *Theloschisteae* (sensu latiore) is based on morphological and anatomical characters, but there are also important biological points of resemblance, at least in the genera *Rinodina*, *Caloplaca*, *Physcia*, *Anaptychia*, and *Xanthoria*. These genera comprise species, growing under very different conditions. But it may safely be maintained that a relatively larger number of species of these genera have a greater demand for Nitrogen (N) than the species of any other series of Lichen genera. Several species, e. g. *Xanthoria lichnea*, and *Physcia tribacia*, in part also *Caloplaca elegans*, are directly ornithocoprophilous, and together with *Ramalina strepsilis* characteristic of prominent rocks and large stones on our high mountains, and (with *Rinodina balanina* and *Lecanora straminea*) of the shores of Northern Norway with their innumerable birds and millions of drying fish. Even if the birds are less numerous, and there is no drying fish, (as in Western and Southern Norway) there is an ample supply of Nitrogen by the shore, and a rich flora of *Anaptychia*, *Physcia*, and *Xanthoria* species.

The fundamental work on the nitrophily of the Lichens was written by SERNANDER² who frequently deals with Lichens of these genera.

It is well known that several species of these genera have a rapidity of growth far beyond what is usual among Lichens. Exact and copious

¹ NORMAN, J. M.: Conjectura de affinitate Heterolichenum (1871) p. 16.

² SERNANDER: Studier öfver lafvärns biologi I. Nitrophile lafvar (1912).

dates on this point have not been published, but every lichenologist has seen fertile *Xanthoria* on twigs of *Picea excelsa*, only a few years old, and *Physcia virella* and *Xanthoria parietina* are among the species which first cover the stems of many deciduous trees (*Fraxinus* and *Populus*). We also know BONNIER's¹ cultures of Lichens; he succeeded in obtaining fertile *Xanthoria parietina* and *Physcia stellaris* after 2—3 years.

It is not probable that these Lichens grow so quickly on account of rich nutriment. Many other Lichens perish under the same conditions, the ample supply of Nitrogen being directly poisonous to them. Other Lichens are not injured, but are unable to profit by it. We must assume that the quick growth of these Lichens is due to innate qualities, but a quick growth is not possible without sufficient food.

The excrement of birds also contain Phosphorus. I have seen no investigations of the relative importance of Phosphorus and Nitrogen to coprophilous Lichens.

We do not know much of the change of matter of the Lichens, but it is probable that some related substances are built up by nitrophilous Lichens. On the whole, Lichens are not much subject to attack by insects, but some genera and species are difficult of preservation. If not well disinfected there is little hope of preserving *Rinodina balanina* intact, and further, many *Caloplaca*-species (*Gasparrinia*), *Xanthoria*, especially *X. lychnea*, certain *Physcia* and *Anaptychia* are difficult. We must accordingly infer, that these nitrophilous or even coprophilous Lichens contain some substance which the herbarium insects can utilise; it is not unjustifiable to place this fact in relation to their similar nourishment.

A fuller investigation of the change of matter of the Lichens is much desired, but difficult on account of the slow course of their processes of life. It is possible that the *Buelliae* (sensu latiore) with their relatively quick growth, would offer the best material for such investigations.

The so-called »cortex« is the most interesting feature of the anatomy of the *Physciaceae*. In *Anaptychia* the lower cortex is usually only developed near the margin of the laciniae, and wanting along the median line. In *Physcia* it is developed over the whole lower side, in some species well set off from the medulla, in others gradually transformed into it. The hyphae are more or less parallel to the surface, only in exceptional cases apparently cellular.

In *Physcia* the hyphae of the upper cortex have a different texture in the various species, but usually they are more or less per-

¹ BONNIER: Recherches sur la synthèse des lichens (1889), p. 19.

pendicular to the surface. They are branched, at least at the base, and the branches sometimes have an oblique direction, interfering with their originally parallel position. If the branching is marked and the hyphae very densely interlaced, a cellular structure is formed. This structure is called plectenchymatous after LINDAU¹. The term pseudoparenchymatous is objectionable for the reason that it comprises two textures of very different origins, e. g. the hyphae of fungi and the short (parenchymatous) cells of higher plants. — The medullary hyphae are usually loosely interlaced, in rare cases (thin thalli) they are apparently plectenchymatous, e. g. in *Physcia sciastrella*. A thin section, and a drop of potassium hydrate will show their real texture.

In *Anaptychia* the upper cortex is very different from that of *Physcia*, the hyphae being parallel to the surface, instead of perpendicular. The cortex is darker at the exterior than in the interior, but this colour is removed by potassium hydrate, and is merely due to the adspersity of the hyphae. There is no structural limit between the exterior and the interior part of the cortex, and it is not justifiable to reserve the name 'cortex' for the exterior part. Neither is there any definite limit between the cortex and the medulla. Towards the surface, the hyphae are more thick-walled and more densely interlaced, forming a protective stratum over the interior and less resistant textures. In the genus *Anaptychia* it is, accordingly, not necessary to distinguish between a cortex and a medulla from a stratigraphical point of view, and if a distinction should be made, it seems justifiable to use the term pseudocortex. By this term is then meant an exterior stratum, gradually connected with the medulla without any distinct line of demarcation.

We should gain a more general point of view of the anatomy of the Lichens on an anatomical-physiological base: The exterior part of the thallus either entirely agrees with the interior part (lower middle-line of the laciniae of most *Anaptychia*), or it is formed by a protective stratum, in its most original form consisting only of more thick-walled and more densely interlaced hyphae (pseudocortex), in other cases differentiated as a special stratum with a peculiar structure (cortex).

The first botanists who constructed the anatomy on a physiological base, were SCHWENDENER and his pupils. Their ideas have found a wide application in the study of the vascular plants and in part in that of the algae². It would be very attractive to investigate the Lichen-thallus on this basis, but that is beyond the scope of the present work.

¹ LINDAU: Beiträge zur Kenntn. d. Gatt. Gyrophora, p. 28.

² WILLE, N.: Bidrag til Algernes physiologiske Anatomie (1883).

In *Physcia*, the gonidia are placed in a stratum under the upper cortex, in *Anaptychia* they are deeply immersed in the thallus. In some species, e. g. *Physcia stellaris*, the surface of the stratum is relatively even, in others, e. g. *Ph. aipolia* and *Ph. caesia*, it is more uneven, the gonidia being glomerate, and the glomeruli not always continuous. A moistened thallus will then seem marbled, green spots (gonidia) on an uncoloured ground. This is also the case with several *Parmeliae*, e. g. of the *cetrata*-section. If the thallus is dorsiventral and appressed there are few gonidia — if any — at the lower part of the medulla. Erect or ascendant laciniae, however, offer an opportunity for assimilation also to the lower side, and gonidia are then frequently found within the lower cortex (if uncoloured). — In the apothecia, the gonidia are crowded in the margin, usually also within the cortex of the receptacle, but wanting or very poorly developed under the hypothecium. In a few species only there is a regular stratum of gonidia under the hypothecium. This must depend on organisatory peculiarities of the *Physciaceae*, for in the *Parmeliaceae* the hypothecium is seen resting on a stratum of gonidia. — There is frequently a dark zone of the cortex around the peduncle; the gonidia are then wanting within that zone.

The paraphyses are imbedded in a gelatina which in many species is very firm, especially at the epithecium. A drop of potassium hydrate will contribute to their isolation, which in many cases is not easily accomplished. The greater part of the paraphyses is undivided, but in all the Norwegian species there is a varying number of furcate or branched paraphyses in every mature apothecium. — The spores are dark, one-septate, only quite exceptionally three-septate, and simple spores were never seen. They are straight or slightly falciform, broadly or narrowly rounded at the ends; in some species constricted at the septum, in others not. The septum and the cell-wall are more or less incrassate, leaving a cell-room of different form, varying from a narrow fissure across the spore to a large rounded space. In the cell-wall there are two strata: a narrow exterior one of uniform thickness, and an interior one of very variable thickness. — The pore is distinct in young spores, but not always in old ones; it is evidently frequently filled up with an opaque substance.

On the whole, the *Physciaceae* are lowland species in our country. There is only one real mountain species (*Ph. muscigena*) which is frequent on the mountains and rare on the lowlands of Southern Norway, and frequent in all elevations in Northern Norway. — On the mountains we also find *Ph. tribacia*, *Ph. lithotea*, and *Ph. caesia*, but with the exception of a few alpine forms

these species are quite as frequent or even more so in the lowlands. The richest flora of *Physciaceae* is found on maritime and subalpine rocks, and on the bark of certain deciduous trees (*Populus*, *Alnus*, *Fraxinus*).

There is a greater number of species in Southern than in Northern Norway. On the other hand the number of individuals is greater at some places in Northern Norway (maritime rocks, and the vast *Alnus incana* forests along the rivers). There is no Atlantic species among the *Physciaceae*, and the *Physcia* flora is better developed in Eastern than in Western Norway. — The Trondhjem district and the southern part of Nordland have been but poorly investigated. This is deplorable, for several species have their northern limit of distribution in those provinces.

Anaptychia ciliaris (the type) is a south-eastern species, northern limit Trondhjem; the var. *melanosticta*, however, is distributed along our whole coast. This is probably also the case with *An. fusca*. *An. speciosa* is a rare species of southern continental distribution.

The *Physcia caesia*-section is well represented in the whole country, as is also the *Ph. stellaris*-section with the exception of *Ph. ascendens* and *Ph. tenella*, the former species being only recorded as far north as Trondhjem, the latter (type) to Lofoten and — single specimens to — Tromsø; its var. *marina*, however, is found all along our coast. *Physcia pulverulenta* is a south-eastern species, poorly represented in Western and Northern Norway. *Physcia grisea* is exclusively southern, *Ph. obscura* and *Ph. virella* are rare north of Trondhjem, and north of Lofoten the latter is only recorded on rocks. *Ph. lithotea* is equally frequent everywhere, *Ph. endococcina*, *Ph. sciastrella* and *Ph. tremulicola* are rare southern species, the former recorded in a single specimen as far north as Harstad.

This monograph is chiefly based on the collections of the Botanic Museum of Kristiania. I have also borrowed valuable material from the Botanic Museums of Upsala (herb. TH. FRIES), Helsingfors (herb. NYLANDER), Bergen and Trondhjem, and from Mr. J. J. HAVAAS, Granvin in Hardanger. My old teacher, Dr. ZAHLBRUCKNER, Vienna, has unfailingly assisted me by word and deed, Mr. WAINIO, Helsingfors, sent me some authentic specimens, Mr. G. EINAR du RIETZ, Stockholm, gave me information concerning Swedish *Physciae*. Miss A. L. SMITH, London, has rendered literary help, and Mrs. JOHANNE KRAFFT LYNGE, has drawn the figures and assisted in the reading of the proof-sheets. — I desire to express my profound gratitude to the directors of the above mentioned museums, and to all the scientists and others who have rendered me their greatly appreciated help.

It is well known that the nomenclature of the *Physciaceae* is very intricate. Many questions cannot be settled without a study of the authentic specimens, and owing to the present unsafe communications it was impossible to obtain an inspection of more than a few of them. — The more thanks are due to Prof. ELFVING and to Dr. WAINIO, Helsingfors, who risked some of their specimens. — But to a great extent I was obliged to confine my task to describing the species and varieties of the available material and to rendering an account of their distribution and biology.

The geographical names will be found on Mr. NISSEN's excellent maps of Norway ¹ (with Index of Names).

Genera.

Thallus with an upper pseudocortex, consisting of hyphae which are parallel to the surface. I. *Anaptychia*.

Thallus with an upper cortex, consisting of hyphae, perpendicular to the surface. II. *Physcia*.

This family also comprises a third genus, *Pyxine*, with lecideine apothecia, distributed in exotic countries, and in North America.

I. *Anaptychia* KBR.

Anaptychia KOERBER Systema Lichenum (1855) p. 49. ZAHLBRUCKNER Lichenes (Flechten) B. Spezieller Teil, in ENGLER u. PRANTL Die natürlichen Pflanzenfam. I 1* (1907) p. 236.

Syn. BORRERA ACH., HAGENIA ESCHW., PHYSCIA * ANAPTYCHIA TH. FR., *Pseudophyscia* MÜLL. ARG.

Thallus (in our species) large, laciniae multifid, elongate, upper pseudocortex formed of densely interlaced hyphae, which are parallel to the surface, lower pseudocortex of the same texture, well developed at the margin of the laciniae, less developed or wanting at the middle. Gonidia (according to ZAHLBRUCKNER l. c.) *Protococcus*.

¹ Oberst NISSEN's Kart over det sydlige Norge (1:600 000, 4 parts), and his »Kart over det nordlige Norge« (1:1 000 000).

Apothecia large, gonidia glomerate, placed in the margin and (in *Anapt. fusca*) under the hypothecium or (in *Anapt. speciosa* and *Anapt. ciliaris*) within the pseudocortex. Hypothecium pale. Paraphyses easily discrete, thin, incrassate at the apices, septate, undivided or not unfrequently furcate or branched towards the apices. Asci octosporous. Spores brown, one-septate, ellipsoidal, constricted at the septum, large (ca. $25-40 \times 13-20 \mu$).

Perifulcrum dark at the ostiolum, otherwise uncoloured, or darkened with age, fulcra endobasidial, pycnoconidia short, straight, cylindrical or narrowly ellipsoidal.

Chemical reaction. No colouring by CaCl_2O_2 . Reaction with KOH important, characteristic of the species. Hymenium first blue by J, then sordid vinous red, asci sometimes persistently blue.

Clavis specierum.

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1. Thallus brown. | 1. <i>Anapt. fusca</i> . |
| 1* Thallus white or grey. | |
| 2. Thallus white, sorediate, without marginal cilia, KOH yellow. | 2. <i>Anapt. speciosa</i> |
| 2* Thallus greyish, not sorediate, with spreading marginal cilia, KOH negative. | 3. <i>Anapt. ciliaris</i> . |

1. *Anaptychia fusca* (HUDS.) WAIN.

Lichen fuscus HUDSON Flora Anglica edit. II (1798) p. 533. WAHLENBERG Flora Lapponica (1812) p. 426.

Lichen aquilus ACHARIUS Prodrum (1798) p. 109.

Parmelia aquila ACHARIUS Methodus (1803) p. 201. ACHARIUS Lichenographia Universalis (1810) p. 488. KOERBER Systema Lich. Germ. (1855) p. 89. JATTA Sylloge Lich. Ital. (1900) p. 144.

Anaptychia aquila MASSALONGO Memorie lichenogr. (1853) p. 36, fig. 31.

Physcia aquila NYLANDER Prodrum Lich. Gall. Actes de la Soc. Linn. de Bord. (1857) p. 309. NYLANDER Synopsis Lichenum vol. I (1860) p. 422. TH. FRIES Lich. Arctoi (1860) p. 62. NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 110. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 134. KINDT Bidrag til Kundskab om Trondhjems Lavvegetation. Kgl. Norske Vid.-Selsk. Skrifter (1880) p. 29 (Trondhjem 1881). CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 310. HAVAAS Floristiske undersøgelser. Berg. Mus. Aarb. 1897. no. III, p. 9. GLÜCK Morpholog. d. Flechtenspermog. Verh. des Naturhist.-Mediz. Vereins zu Heidelberg. vol. VI. N. F. (1899) p. 146 (66) fig. 37-38. OLIVIER

Lichens d'Europe (1907) p. 234 (158). GALLØE Danske Lich. Økol. Bot. Tidsskr. vol. XXVIII, 1908, tab. XV fig. 78. LYNGE De norske blad-og busklaver. Berg. Mus. Aarb. (1910) no. 9, p. 99.

Pseudophyscia aquila. HUE Lichenes Extra-Europ. Nouv. Arch. Mus. sér. IV, tom. I (1889) p. 116. HARMAND Lichens de France (1909) p. 488.

Anaptychia fusca WAINIO Lich. Cauc. Termeszétr. füzetek vol. XXII (1899) p. 299.

EXSIC. ANZI Lich. Etrur. 10 (*Parm. Aquila*). ANZI Lich. Lang. 10 (*Parm. Aquila*). ARNOLD Lich. Exsic. 705 (*Parm. Aquila* var. *stippaea*). CLAUD. et HARM. Lich. Gall. praec. 235 (*Physcia aquila*). FRIES Lich. Suec. 208 (*P. Aquila*). HAVAAS Lich. Norv. 380 (*Physcia Aquila*). HEPP Flechten Europa 602 (*Lobaria aquila*). LEIGHTON Lich. Brit. 144 (*Parm. Aquila*). LOJKA Lich. Univ. 10 (*Physcia Aquila*). MASSALONGO Lich. Ital. 87 (*Squamaria Aquila*). NYLANDER Pyren. Orient 28 (*Physcia Aquila*). RABENHORST Lich. Europ. 586 (*Hagenia Aquila*). SCHAEERER Lich. Helv. 565 (*Parm. Aquila*). STENHAMMAR Lich. Suec. 43 (*Parm. aquila*). ZAHLBR. Krypt. Exsic. Vindob. 2179 (*Anapt. fusca*).

Thallus large, up to 20 cm. in diam., loosely affixed to the substratum, rather firm, but fragile. Laciniae discrete at the circumference, otherwise densely contiguous or imbricate, or even interlaced and congested. Laciniae parallel to the substratum or towards the centre slightly ascendant, stellate, narrow, 0.5—1 (2) mm. broad, linear, elongate, multifid, repeatedly furcate, or short, unbranched to almost papillaceous. Laciniae more or less convex, flattened at the circumference of the thallus, with regular contours and minutely rugulose or even surface, epruinose or rarely slightly bluish pruinose. Secondary laciniae well developed, short, narrowly fixed, unbranched, papillaceous or digitately incise, towards the centre occasionally covering the whole thallus, giving it a microphylline appearance. Thallus opaque, rarely with a faint lustre, colour chestnut brown or greyish brown, at the circumference paler, wetted with a strong tinge of green. (Morbid plants discoloured, greyish or greyish-white, old herbarium specimens often intensely castaneous). Lower side uncoloured or greyish-white or yellow at the circumference, otherwise brownish black or black. Rhizinae scattered, black, unbranched or furcate, 80—95 μ thick.

Thallus covered with a thin, amorphous stratum. Gonidia glomerate, disposed in an incontinuous irregular stratum, 180—190 μ thick, sometimes

protruding towards the surface, sometimes deeply immersed in the medulla. Pseudocortex of a variable thickness, 40—160 μ thick, yellowish brown at the exterior part, otherwise uncoloured. Hyphae rather thick-walled, densely interlaced, especially towards the surface, more or less parallel to the surface. Medulla white, not distinctly marked off from the cortical strata. Towards the lower side the hyphae are more densely interlaced and thick-walled, uncoloured at the circumference of the thallus, otherwise brownish-black.

Apothecia numerous, sometimes covering the whole central part of the thallus, sessile, orbicular or angular, 1.5—3.5 mm. in diam., naked, plane, brownish-black or black. Receptacle paler than the thallus, yellowish or yellowish-brown rugulose. Margin thick, persistent, crenate, occasionally appendiculate. At the exterior part of the receptacle the hyphae are more densely interlaced and have thicker walls than at the interior part. Gonidia glomerate, very crowded in the margin, and in a thick stratum under the hypothecium. Hymenium thick, 200—270 μ , brownish at the exterior part, otherwise uncoloured. Paraphyses easily discrete, at the apices clavately incrassate (3—4 μ thick), indistinctly septate, undivided or more or less branched, frequently with oil-drops, especially in the tips of the short lateral branches. Asci thick-walled, 120—135 μ long, 35—42 μ thick, octosporous. Spores obliquely biseriate, first uncoloured, finally opaque, deep brown, straight or slightly falciform, rounded at the ends, constricted at the septum, 31—51 μ long, 18.5—25 μ thick (usually 40—44 \times 18.5—21 μ)¹.

Pycnides very rare (I have only found one sterile pycnide). After Harmand l. c. «Spermaties bacillaires, obtuses à chaque bout, 0,006—7 \times 0,0008.»

React. . Cortex and medulla uncoloured by KOH as well as by CaCl_2O_2 . Hymenium blue by J, asci persistently blue, paraphyses and gelatine later blackish or dark sordid red.

Hab. Grows on maritime rocks above the high-water mark. On the humid Atlantic coast it is also recorded at 1 or 2 km. from the shore, not exposed to the sprinkling of the water; also recorded at the base of the trunks of trees.

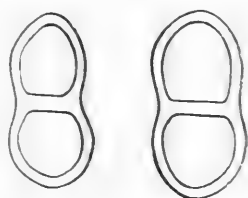


Fig. 1. *Anaptychia fusca*
(Huds.) WAIN

¹ After CROMBIE and TH. FRIES: 30—44 \times 18—25, HARMAND: 32—35 \times 18—26, JATTA: 32—44 \times 18—26, NYLANDER: 32—44 \times 18—26.

Loc. Abundant along the south and west coast, rare towards the inland end of the western fjords. Frequent as far north as Lofoten, north of Lofoten more scattered; not recorded from Varanger. — South coast: Hvaler (LYNGE), Fredriksstad (SCHÜBELER), numerous stations about Kristiania (MOE), Vasser (LYNGE); Nevlungshavn (MOE), Helgeroen (F. KJÆR), Lyngør (LYNGE). West coast: Kristianssand (LAUDER LINDSAY), Sogndalsstranden (HAVAAS), Stavanger (BLYTT), Moster (HAVAAS), Granvin and Manger (HAVAAS), Sunde near Luksund (HAVAAS), Seim (LYNGE), Florø and Stat (HAVAAS). Trondhjem: Ladehammern (KINDT) and Størdalen (SOMRFT.). Northern Norway: Alstahaug (M. N. BLYTT) Gildeskaal (NORMAN) and Grønholmen (SOMRFT.) in Salten, Bodø (HAVAAS), Steigen (NORMAN), Lofoten (BLYTT), Hadseløen (NORMAN), Tromsøen (LYNGE), Øxfjord (BAUR), Maasø (TH. FRIES), and Honningsvaag (LYNGE).

Anaptychia fusca varies: Laciniae broad, but slightly convex, thallus pale brown (f. *crossophylla* (WBG.) ACHARIUS Lich. Univ. p. 488), and laciniae narrow, densely interlaced, imbricate or panniform, thallus dark brown (f. *stippea* ACH. Lich. Univ. 489). These forms are interesting as indicating the variation of the species, but insignificant as systematic units, being connected with the type by numerous intermediate states. In the specimens which I have seen the marginal »granulae« of f. *crossophylla* are only small secondary laciniae, not isidia. The form cannot possibly be referred to *Anaptychia detonsa*, as represented by MERRILL in his Lich. Exs. no. 252. *Anaptychia detonsa* has not been recorded from Norway.

2. *Anaptychia speciosa* (WULF.) MASS.

Lichen speciosus WULFEN Plantae rariores Carinth. in JACQUIN Collectanea vol. III (1789) p. 119, tab. 7. ACHARIUS Prodomus (1798) p. 124.

Parmelia speciosa ACHARIUS Methodus (1803) p. 198. ACHARIUS Lichenographia Universalis (1810) p. 480. FRIES, El. Lichenogr. Europ. reform. (1831) p. 80. KOERBER Syst. Lich. Germ. (1855) p. 89.

Anaptychia speciosa MASSALONGO Memorie Lichenografiche (1855) p. 36 fig. 32. WAINIO Étude sur . . . les Lichens du Brésil. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica vol. VII (1890) p. 135. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 155.

Physcia speciosa NYLANDER Prodomus Lich. Gall. Actes Soc. Linn. Bord. (1857) t. XXI p. 307. NYLANDER Synopsis (1860) p. 416. NYLANDER Lich. Scand. Not. Sällsk. Fauna et Flora Fenn. Förh. vol. V (1861) p. 109. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 133. CROMBIE Brit.

Lich. I (1894) p. 304. OLIVIER Étude sur les . . . Physcia. Revue de Botanique (1894) p. 82. OLIVIER Lichens d'Europe (1907) p. 157 (233) LYNGE De norske blad- og busk-laver. Berg. Mus. Aarb. 1910 no. 9, p. 99.

Hagenia ESCHW. *Hagenia speciosa* SCHWENDENER Untersuchungen über den Flechtenthallus in NÄGELI Beiträge II Leipzig 1860, p. 162.

Pseudophyscia speciosa. MÜLL. ARG. Conspectus Lich. Nov. Zeland. Bull. Herb. Boiss. II, append. I (1894) p. 40. HUE Lich. Extra-Europ. I. Nouv. Arch. Mus. sér III, vol. X (1898) p. 114. HARMAND Lichens de France (1909) p. 487.

EXSIC. ANZI Lich. Lang. 56. ARNOLD Lich. EXSIC. 1611 a, b. FUNCK Krypt. Gewächse 580. KOERBER Lichenes selecti 156 RABENHORST Lich. Eur. 426, 908. SCHAEERER Lichenes Helvetici 357. TUCKERMAN Lichenes Amer. Septentr. 81.

Thallus large, 10–20 cm., orbicular or irregular, loosely appressed to the substratum, pliable. Laciniae continuous from the centre, elongate, linear, 1–2 mm. broad, a little widened towards the apices, multifid, pinnato-incise or digitato-ramose with rounded axillae, discrete or subdiscrete, but with more or less imbricate lateral branches. Laciniae epruinose, without isidia, but sorediate at the apices of the lateral branches, sorediate apices in age occasionally ascendant or suberect, forming capitate soredia. Laciniae smooth, plane, with a faint horny lustre, colour white or greyish-white, moistened greyish-green, lower side white. Laciniae at the margin with unbranched scattered, 0.5–1 mm. long cilia of the same colour as the thallus, rhizinae much branched, uncoloured at the circumference of the thallus, otherwise dark.

Thallus covered with a thin, amorphous, uncoloured, inspersely broken stratum. Pseudocortex formed of thick-walled hyphae which are parallel to the surface and more densely interlaced towards the surface. Pseudocortex greyish at the superior part (20–40 μ), otherwise uncoloured, of a very variable thickness (25–150 μ). Gonidia glomerate, disposed in an irregular, thin, subcontinuous stratum under and also, though scattered, in the upper pseudocortex. Medulla white, hyphae loosely interlaced, rather thin-walled, adspersed. Medulla gradually transformed into a lower uncoloured pseudocortex of the same structure as the upper one, well developed near the margin of the laciniae, thinner, less developed and in part wanting towards the middle. Rhizinae much branched, tomentose, 50–100 μ thick.

Apothecia very rare, at least in this country, but numerous or even abundant when developed, urceolate or later concave, orbicular, 2—4,5 mm. in diam. sessile or shortly pedicellate, narrowly affixed. Receptacle smooth, of the same colour as the thallus, margin middle-thick, crenate, but not appendiculate, at last sorediate. Disc brown or brownish-black, epruinose. Gonidia glomerate, disposed in an incontinuous stratum, crowded at the margin and within the pseudocortex, wanting under the hypothecium. Hypothecium pale yellowish, 40—60 μ thick. Hymenium up to 130 μ thick, at the upper part brown or reddish-brown, otherwise uncoloured. Para-



Fig. 2. *Anaptychia speciosa*
(WULF.) MASS.

physes more conglutinate than in *An. fusca*, filamentose, 1 μ thick, a little incrassate at the apices, unbranched or (frequently) furcate, septa distinct only toward the apices. Asci clavate, 90—105 μ long, 29—32 μ thick, octosporous. Spores obliquely biseriolate, ellipsoidal with more or less obtuse apices,

greyish or greyish-brown, somewhat constricted at the septum, very thick-walled, with a small rounded or angular cell-room. Size 28—37,3 μ long, 13,5—18,8 μ thick. (WAINIO measured smaller spores in Brazilian plants 19—32 \times 10—17 μ)¹.

Pycnides very rare; fertile ones were sought after in vain. A sterile pycnide with dark perifulcrum around the ostium was depresso-globose, 160 μ broad, 105 μ high. (WAINIO states: pycnoconidia cylindrico-oblonga, apicibus obtusis, recta, long. 0,003, crass. 0,001—0,0008 millim.)².

React. Pseudocortex and (especially) medulla yellow by KOH. No colouring by CaCl_2O_2 . Medulla first pale blue, then — at last intensely — vinous-red by J, near the rhizinae sometimes persistently blue. Hymenium intensely dark bluish-green or bluish-black, later dark red by J. (WAINIO has found: Hymenium Jodo persistenter caerulescens)³.

Hab. In this country only recorded from mossy stones (in southern regions also corticolous).

Loc. In Norway a subalpine and occasionally a lowland species. Recorded from several stations, but in small quantities, and is decidedly a rare species. — Kristiania (M. N. BLYTT, never found since), not unfrequent in Gudbrandsdalen: Ringebu (c. fr., M. N. BLYTT and SOMRFT.), Fron (KLÆR), Kringen (TH. FRIES who writes »Kringelen«), Lalm (LYNGE), Vaage (c. fr., SOMRFT.), Dovre (c. fr., M. N. BLYTT et SCHIMPER), Valdres:

¹ WAINIO Étude p. 136—137.

² WAINIO Étude p. 137.

³ WAINIO Étude p. 136.

Stee (»Steie«) in Vestre Slidre (M. N. BLYTT), Beito in Østre Slidre (M. N. BLYTT), and Grindadn (»Grindfjeldet«) in Vang (M. N. BLYTT), Filefjeld (M. N. BLYTT), Telemarken: Haakenes (M. N. BLYTT), det. E. FRIES: »rarissime in Europa borealis, antea non visa«, herb. note by FRIES). Very rare in Western Norway, only recorded from Vaagsø in Nordfjord (C. G. MYRIN) — TH. FRIES erroneously writes ¹« Steie (BLYTT) distr. Bergensis«, Steie or Stee is in Valders.

The eminent observer Mr. HAVAAS has carefully investigated our west coast from Stat to Rægefjord and never found it, and it is, therefore, improbable that this conspicuous species should be recorded from that region. It has neither been recorded from our south-eastern lowlands, Hedemarken, Hadeland, Kristiania-fjord (with the one exception of BLYTT's locality), nor from the south coast. It will be seen that *An. speciosa* is characteristic of the upper part of our great south-eastern valleys, there is only one maritime locality: Vaagsø.

It is possible that this distribution is only due to historical causes, that soredia or thallus fragments were first brought to one of these stations, and that it was only spread to continental localities. — This explanation is not very satisfactory from a scientific point of view. The valleys have a dry climate, but Vaagsø has an annual downpour of ca. 2000 mm., and the plant is known from Western France and from the British Isles, where it is recorded »chiefly in maritime districts«². — The importance of the annual rain-fall has in our literature been overestimated. There are dry and humid places everywhere, notwithstanding the rain-fall, and plants growing scattered and in inconsiderable numbers will not be much influenced by it. — The downpour is of extreme importance to the development of extensive formations. If the rain is so heavy and constant that *Sphagna* grow on smooth mountain-sides, as in Western and in part in Southern Norway, the Lichens will have a poor chance of covering the ground, and it is very rare that we find a Lichen-formation of 100 m. in extension, with the exception of the special shore formations of *Gyrophora*, *Umbilicaria*, and *Xanthoria*-species. In the continental parts of Eastern Norway (Fæmunden with a downpour of 4–600 mm.) and the adjacent parts of Sweden (Dalarne) there are almost continuous formations of Lichens, more than 100 km. in extension (*Cladonia alpestris* and *C. silvatica*).

If the distribution of our plant should have a climatic cause, we must

¹ TH. FRIES: Lich. Scand p. 134.

² CROMBIE: l. c. p. 304.

consider temperature. Within certain limits the cold of winter is not pernicious, for it is recorded from places in Central Europe with a low winter temperature (Black Forest, Tirol).

Probably the summer temperature (May—September) is the decisive factor. *Anapt. speciosa* in our country grows farther north than in any other country. In southern countries *An. speciosa* grows on bark and on mossy rocks. In Norway it is only recorded as muscicolous, which is generally considered an indicium that a Lichen grows near its climatic limit. In our country *An. speciosa* certainly requires as much warmth as it can obtain. The temperature is to a large extent dependent on exposure to the sun. But owing to the vicinity of the great mountain masses the summer temperature is higher at the upper parts of our valleys than at the lower parts and on the plains.

If the summer temperature should be a decisive climatic factor for the distribution of some Lichens, we might expect to find other Lichens limited by summer isotherms. The discussion of this interesting point must, however, be deferred to a later work.

3. *Anaptychia ciliaris* (L.) MASS, KBR.

Lichen ciliaris LINNÉ Species plantarum (1753) p. 1144. GUNNERUS Flora Norvegica vol. II (1772) p. 58. Flora Danica (1777) tab. 711. WULFEN Plantae rariorae Carinth. in JACQUIN Collectanea vol. IV (1790) p. 244. ACHARIUS Prodomus (1798) p. 173. HUDSON Flora Anglica ed. II (1798) p. 538.

Parmelia ciliaris ACHARIUS Methodus (1803) p. 255.

Physcia ciliaris DECANDOLLE Flore de France II (1803) p. 396 (non vidi). SCHAEERER Enumeratio critica (1850) p. 10 tab. II fig. 1. NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 108. DEICHMANN BRANTH et ROSTRUP Lichenes Daniae (1869) p. 63 (Sep. of Botanisk Tidsskrift vol. III). TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 132. CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 302. OLIVIER Étude sur les . . . Physcia. Revue de Botanique (1894), p. 81 (33). OLIVIER Lich. d'Europe I (1907) p. 232. GALLØE Danske Lich. Økol. Botan. Tidsskr. vol. XXVIII, tab. XV, fig. 79. LYNGE De norske busk- og bladlaver Berg. Mus. Aarb. 1910, no. 9, p. 99, et tab. IV fig. 5.

Borrera ciliaris α ACHARIUS Lichenographia Universalis (1810) p. 496.

Hagenia ESCHW. *Hagenia ciliaris* SCHWENDENER Untersuchungen über den Flechtenthallus in NÄGELI Beiträge II (1860) p. 161, tab. V, fig. 12—13.

Anaptychia ciliaris MASSALONGO Memorie Lichenografiche (1855) p. 35 et fig. 27. KOERBER Systema Lichenum (1855) p. 50. GLÜCK Morphol. der Flechtenspermog. Verh. des Naturhist.-Mediz. Vereins zu Heidelberg vol. VI, N. F. (1899), p. 155 (75) fig. 45, tab. III, fig. 33—36. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 154. HARMAND Lich. de France (1907) p. 446. LINDAU Die Flechten, in Kryptogamenflora (1913) p. 234 et fig. 292.

GUNNERUS cites the Norwegian name »Haar-Mosse« (Hair-lichen) which is probably merely a translation of the Latin name.

EXSIC. ANZI Lich. Lang. 258 A, B (*B. f. crinalis*). ARNOLD Lich. Exsic. 580 b, c. (a not seen). CLAUD. et HARM. Lich. Gall. 23. FLOERKE Deutsche Lich. 152. FLOTOW Lich. Exs. 62 A, B. FRIES Lich. Suec. 139. FUNCK Crypt. Gew. 161. HAVAAS Lich. Norv. 452. HEPP Flechten Eur. 168, 571, 572, (571: β *crinalis*, 572: γ *solenaria*). MALBRANCHE Lich. Norm. 24. MALME Lich. Suec. 155. MASSALONGO Lich. Ital. 39, 40 (40: f. *angusta* MASS). MIGULA Kryptogamae 51. RABENHORST Lich. Eur. 63, 100 (100: f. *crinalis*). REICHENBACH et SCHUBERT 38. SCHAEERER Lich. Helv. 388. STENHAMMAR Lich. Suec. 42.

MASSALONGO's and KOERBER's works were published in the same year, 1855; I do not know which of them appeared first. ZAHLBRUCKNER writes: *Anaptychia ciliaris* (LINN.) MASS.¹

Thallus large, up to more than 20 cm. in diam., coriaceous, loosely affixed to the substratum. Lacinae elongate, 1—2 mm. broad, at the circumference parallel to the substratum, otherwise more or less ascending, spreading, imbricate or interlaced, multifid, repeatedly furcate, at the apices somewhat dilated and digitato-incise. Lacinae with recurvate margins, convex or subcylindrical, surface smooth or minutely tomentose, striate or rugulose, frequently furnished with semiglobose papillae, to 1 mm. in diam. (pycnides). Colour grey or greyish-white, moistened greyish-green, lower side white, striato-tomentose. Thallus without isidia or soredia. Lacinae at the margin with long (2—6 mm.), spreading, undivided or branched cilia of the same colour as the thallus or a little darker, especially at their apices.

¹ ZAHLBRUCKNER Lichenes, in ENGLER u. PRANTL Die natürlichen Pflanzenfamilien I 1* p. 236.

Upper pseudocortex ($30-160\ \mu$) with a thin brownish part at the surface, otherwise uncoloured, hyphae thin-walled, but densely interlaced, especially at the exterior part; many hyphae regularly growing out to hairlike, undivided, furcate or even stellately branched, to $60\ \mu$ long emergences, forming the tomentum of the thallus. Gonidia glomerate, disposed in a subcontinuous stratum under and in the pseudocortex, occasionally in the whole medulla, more rarely in the cilia. Medulla white, hyphae loosely interlaced, much branched. Lower pseudocortex like the upper one in structure, well developed near the margin, poorly developed or wanting at the middle of the laciniae; sometimes the two cortices meet, excluding the medulla.

Apothecia very numerous, pedicellate or subsessile, orbicular, to 8 mm. in diam. Receptacle smooth, of the same colour as the thallus, minutely tomentose (under a strong lens). Margin thick, persistent, incurvate,

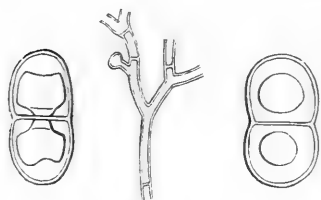


Fig. 3. *Anaptychia ciliaris* (L.).

crenate or furnished with pointed or lacerate lacinulae. Pseudocortex $40-210\ \mu$ thick, slightly darkened at the surface, otherwise uncoloured; hyphae more or less parallel to the surface and more densely interlaced at the exterior part, otherwise of no definite direction; many hyphae growing out as hair-like, pellucid emergences. Gonidia glomerate, arranged

in an incontinuous stratum at the margin and within the pseudocortex, wanting under the hypothecium. Disc plane, dark brown or brownish-black, naked or with a thin white or caesious pruina. Hypothecium greyish or uncoloured, $50-80\ \mu$ thick. Disc covered with a thin, broken, amorphous stratum. Hymenium $130-160\ \mu$ thick, at the exterior part brownish or brownish-red, otherwise uncoloured. Paraphyses easily discrete, $0.8-1\ \mu$ thick, grown-out paraphyses slightly clavately incrassate and distinctly septate at the apices, they are undivided or occasionally furcate, rarely branched from the base. Asci narrowly clavate, $105-120\ \mu$ long, $34-37\ \mu$ thick, octo- or rarely tetra-sporous. Spores obliquely biseriate, ellipsoidal or fabiform, rounded at the ends and constricted at the septum, sometimes of an irregular form (one half less developed, apices protruded &c.). Cell-wall relatively thin, cell-room large, rounded, pore distinct in young spores, indistinct or filled up in the old, opaque, dark brown or greyish black spores. Size: $26.5-44.7\ \mu$ long, $13.2-24\ \mu$ thick.

Pycnides frequent, occasionally immersed in low and broad papillae, containing one or more pycnides. Pycnides globose, large, to $300\ \mu$ in diam. Perifulcrum black at the protrudent ostium, otherwise pale or

uncoloured. Pycnoconidia straight, narrowly ellipsoidal or cylindrical, 3–4 μ long.

React.: The whole thallus unaltered by KOH as well as by CaCl_2O_2 . Hymenium first blue by J, then at last sordid bluish-black, asci subpersistently blue.

Hab. On the stems of large deciduous trees in open positions, as avenue trees or clusters of trees on cultivated ground.

Loc. Very frequent or even abundant in the south-eastern lowlands. Northern limit Trondhjem. — Abundant east of the Kristiania fjord: Fredriksstad (SCHÜBELER), Aas, Ski, and Nettet (LYNGE), Aker about Kristiania (M. N. BLYTT and N. G. MOE), Bærum and Nordmarken (LYNGE), west of the fjord only recorded from Larvik (SOMMERFELT), and from Hedrum (NORMAN). South-eastern lowland: Hurdalen (SOMMERFELT), Minne (LYNGE), Trøgstad (SOMMERFELT). South-eastern valleys: Torpen in Gudbrandsdalen (KINDT), Dovre (M. N. BLYTT), Vangsmjøsen in Valdres (NORMAN), Meldalen (GUNNERUS) and Ilsviken (KINDT) near Trondhjem. Very rare in Western Norway, only recorded from Vøringfossen in Eidfjord, Hardanger, on mossy rocks (very narrow laciniae, almost the habitat of *A. leucomelaena* (HAVAAS).

Plants from more elevated situations have a dark thallus with narrow laciniae and are frequently sterile.

var. *melanosticta* (ACH.) HARM.

Parmelia ciliaris γ *melanosticta* ACHARIUS Methodus (1803) p. 255.

Borreria ciliaris var. *melanosticta* ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 497.

Lichen ciliaris WAHLENBERG Flora Lapponica (1812) p. 434.

Physcia ciliaris var. *saxicola* NYLANDER Enumeration. Mém. Soc. Imp. Science Cherb. vol. V (1857) p. 106. NYLANDER Synopsis (1860) p. 414 CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 303.

Physcia ciliaris var. *scopulorum* E. NYLANDER Ålands Låg-veget. Not. Sällsk. pro Fauna et Flora Fen. förh. vol. III (1857) p. 86. TH. FRIES Lich. Arct. (1860) p. 61.

Physcia ciliaris β *melanosticta* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 133.

Anaptychia ciliaris f. *melanosticta* HARMAND Lichens de France (1907)

Thallus large, to more than 20 cm. in diam. Laciniae imbricate, subappressed to the substratum or more or less ascendent in the centre, rather compact, rarely spreading; multifid, divaricately furcate. Colour brown or dark brown, lower side white. Laciniae narrower than in the type, 0,5–1, rarely 1,5 mm. broad, cilia dark, brown or brownish-black.

Thallus thinner than in the type. Upper pseudocortex (20) 40–80, rarely to 100 μ thick, brownish at the surface (16–20, rarely to 25 μ). Hair-like emergences rare or wanting. Gonidia crowded in an inconspicuous stratum under the upper pseudo-cortex, also in the medulla.

Apothecia rare, shortly pedicellate, epruinose, smaller than in the type, 4–5 mm. in diam. Their form and structure, paraphyses, asci, and spores as in the type (spores: 33,2–42,5 μ long, 16–21 μ thick).

Pycnides and chemical reaction as in the type.

Hab. On maritime rocks, in the *Xanthoria parietina*-zone, frequently associated with mosses, one specimen from Northern Norway (Steigen) on *Populus*.

Loc. Distributed along our whole coast from the Swedish to the Russian frontier: Vasser (LYNGE), the silurian islands near Kristiania: Næsøen, Nakholmen, Malmøen (MOE and NORMAN), Lyngør (LYNGE). Rare, but not wanting on the west coast, not recorded from the western fjords (HAVAAS). Evidently frequent, though not in great quantities, on the shores of Northern Norway: Rødø and Gildeskaal (NORMAN), Bodø (SOMMERFELT), Steigen (NORMAN), Lofoten (BARTH), Trondenes and Kvædfjord (NORMAN), Tromsø (NORMAN), Skjervø (NORMAN), Nordkap (WAHLENBERG), Børselv in Porsanger (NORMAN), Mortensnes in Varanger (TH. FRIES).

There is a certain analogy between *Anapt. ciliaris* var. *melanosticta* and *Ph. tenella* var. *marina*. Either of them is a maritime plant, nearly related to more continental plants of much more limited distribution. A wider distribution of maritime plants than of nearly related continental ones is very interesting from a biological point of view, but less important as a systematic character for the reason that we can presume a cause of it to be the more uniform maritime climate.

Numerous forms of *Anapt. ciliaris* have been proposed, but with the exception of var. *melanosticta* they are either stages of age or expressions of individual variation. 1) f. *agriopa* ACHARIUS Methodus p. 255: short, broad, palmato-incise laciniae (JACQUIN Coll. vol. IV, tab. XIII, fig. 1). 2) var. *actinota* ACHARIUS Methodus p. 256: well fertile; margin of apothecia lacerate or appendiculate. 3) var. *verrucosa* ACHARIUS Lichenographia

Universalis p. 497: pycnides numerous, frequently congested in low, semiglobose papillae. 4) f. *crinalis* (SCHLEICH.) SCHÆR. Enumeratio p. 10: very narrow, tomentose laciniae (I have never seen f. *crinalis* in Norway as distributed in ANZI Lich. Lang. 258 B).

The hair-like emergences of *Anapt. ciliaris* are found on the whole surface, especially on the cilia; at the base of the cilia the gonidia are always very numerous. The »hairs« must be looked upon as water-absorbing organs. Their efficiency is easily seen. Place a dry tomentose cilia under the glass and near it a naked cilia of the var. *melanosticta*. Add water. The tomentose cilia will absorb water momentarily, surrounding itself with a hood of water; the naked cilia also absorb water as does every fragment of a Lichen, but less quickly. The tomentose type grows on stems where every available drop of rain must be utilized; var. *melanosticta* which is most frequently naked or at least less tomentose grows on maritime rocks in humid air and is frequently sprinkled by the waves.

Var. *melanosticta* easily falls a victim to herbarium insects if not carefully disinfected. This is frequently the case with nitrophilous Lichens, and maritime Lichens are often nitrophilous. I have, however, made no special observations in nature about the nitrophily of this variety.

II. *Physcia* (SCHREB.) WAIN.

SCHREBER Gen. Pant. II (1791) p. 767 p. p. WAINIO Étude sur la classif. . . . des lichens du Brésil. Acta Soc. p. Fauna et Flora Fennica vol. VII (1890) p. 138 (ubi syn.). ZAHLBRUCKNER Lichenes (Flechten) B. Spezieller Teil, in ENGLER u. PRANTL. Die natürlichen Pflanzenfam. I 1 * (1907) p. 234.

Syn. *Borrera* ACH. p. p., *Dimelaena* b. *Phyllothallae* NORM., *Parmelia* KBR., *Squamaria* MASS. —

Thallus of varying size, laciniae multifid, elongate or short, upper cortex formed of hyphae more or less perpendicular to the surface, in some species plectenchymatous, hyphae constrictedly septate or even moniliform. Medulla in some species gradually transformed into the lower cortex, in others well marked off from it. Hyphae of the lower cortex more or less parallel to the surface. Gonidia — according to ZAHLBRUCKNER l. c. — *Protococcus*.

Apothecia middle-sized or small, gonidia crowded in the margin, less numerous under the hypothecium and (or) within the cortex of the receptacle. Paraphyses conglomerate, incrassate at the apices, septate, undivided

or (at least in all Norwegian species) occasionally furcate or branched. Asci octosporous, membrane incrassate at the apex. Spores brown or greyish brown, one-septate, ellipsoidal or somewhat fabiform, constricted or not at the septum, smaller than in *Anaptychia*.

Perifulcrum dark at the ostiolum, otherwise uncoloured or — in age — darkened, fulcra endobasidial, pycnoconidia short, straight, cylindrical or ellipsoidal.

Chemical reaction. No colouring by CaCl_2O_2 . Reaction with KOH important, characteristic of the species. Hymenium in some (few) species persistently blue with J, but usually first blue, then sordid vinous red, or dark red to black.

Clavis specierum.

1. Cortex coloured yellow by KOH.
 2. Medulla coloured yellow by KOH.
 3. Thallus sorediate
 4. Thallus brownish or greyish-brown.
 18. *Ph. intermedia*.
 - 4 * Thallus greyish or greyish white.
 5. Laciniae elongate, very narrow (0,2—0,3 mm. broad), lower side uncoloured.
 17. *Ph. teretiuscula*.
 - 5 * Laciniae shorter and broader (0,5—1 mm.), lower side black.
 16. *Ph. caesia*.
 - 3 * Thallus not sorediate.
 4. Thallus saxicolous, colour ash-grey.
 19. *Ph. melops*.
 - 4 * Thallus corticolous, colour white or greyish-white.
 2. *Ph. aipolia*.
 - 2 * Medulla not coloured by KOH.
 3. Laciniae appressed, not sorediate.
 4. Laciniae with spreading, marginal cilia.
 4. *Ph. tenella* var. *leptalea*.
 - 4 * Laciniae without marginal cilia.
 1. *Ph. stellaris*.
 - 3 * Laciniae more or less ascending, sorediate at the apices.
 4. Laciniae elongate, narrow, with numerous spreading marginal cilia.
 5. Laciniae with fornicate apices.
 3. *Ph. ascendens*.
 - 5 * Apices not fornicate.
 4. *Ph. tenella*.
 - 4 * Laciniae short, broad, without or only with a few marginal cilia.
 5. *Ph. tribacia*.
 - 1 * Cortex not coloured by KOH.
 2. Thallus more or less pruinose.
 3. Thallus sorediate.
 9. *Ph. grisea*.
 - 3 * Thallus not sorediate.

- 4. Laciniae appressed.
 - 6. *Ph. pulverulenta*.
- 4 * Laciniae more or less ascending.
 - 5. Laciniae coarse, chestnut-brown, very pruinose.
 - 7. *Ph. muscigena*.
 - 5 * Laciniae thin, greyish-brown, almost epruinose.
 - 8. *Ph. constipata*.
- 2 * Thallus epruinose.
 - 3. Laciniae narrowly filiform.
 - 13. *Ph. tremuticola*.
 - 3 * Laciniae narrow or broad, but never filiform.
 - 4. Lower part of the medulla red.
 - 14. *Ph. endococcina*.
 - 4 * Medulla uniformly uncoloured.
 - 5. Neither soredia nor isidia developed.
 - 6. Corticolous.
 - 10. *Ph. obscura*.
 - 6 * Saxicolous.
 - 12. *Ph. lithotea*,
ff. nuda and lithotodes.
 - 5 * Thallus either with soredia or isidia.
 - 6. No isidia, thallus sorediate.
 - 11. *Ph. virella*.
 - 6 * No soredia, thallus isidiate.
 - 7. Lower side uncoloured.
 - 15. *Ph. sciastrella*.
 - 7 * Lower side black.
 - 12. *Ph. lithotea*.

1. *Physcia stellaris* (L.) NYL.

Lichen stellaris LINNÉ Spec. plant. (1753) p. 1144 pp.; HOFFM. Enum. (1784) p. 71 et tab. XIII fig. 1—2.

Parmelia stellaris ACHARIUS Methodus (1803) p. 209; ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 476; KOERBER Systema (1855) p. 85 (sensu latiore).

Physcia stellaris (L.) NYL. var. *adpressa* TH. FR. Lich. Scand. I (1871) p. 138; LYNGE Busk og bladlaver (1910) p. 102.

Physcia stellaris NYLANDER Prodrömus (1857) p. (307) (sensu latiore), NYLANDER Synopsis (1860) p. 424 (sensu latiore), Nylander Lich. Scand. (1861) p. 111 (sensu latiore), DEICHMANN BRANTH og ROSTRUP Lichenes Daniae (1869) p. 65, tab. III, fig. 13, MÜLLER u. PABST Flechten (1876) tab. V, (sensu latiore), NYLANDER Addenda nova Flora (1870) p. 38, Wainio Adjumenta I (1881) p. 134, CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 310, HUE Lich. Extra-Eur. (1900) II, p. 58; OLIVIER Lich. d'Eur. I (1907) p. 239; HARMAND Lich. France (1909) p. 617.

The starting point for the combination *Physchia stellaris* (L.) NYL. in this limitation is NYL. Addenda nova, — not Prodrumus, — because in the latter work *P. stellaris* comprises our *stellaris*, *aipolia* a. o. species.

EXSICC. ARNOLD Lich. EXSICC. 788 a-d., CLAUD. et HARM. Lich. Gall. praec. 179, Flora EXSICC. Austr. Hung. 2732 I-II, FRIES Lich. Suec. 206 A, HEPP Flechten Eur. 878, MERRILL Lich. EXSIC. 228, MIGULA Krypt. 45, RCHB. et SCHUB. 86, STENH. Lich. Suec. 73 (supr.), TUCKERMAN Lich. Amer. 83. ZAHLBRUCKNER Krypt. EXSICC. Vindob. 1260,

Thallus orbicular, small or medium-sized, 2—4, rarely 6—7 cm. in diam., appressed to the substratum through numerous, white or greyish, branched rhizinae. Laciniae at least at the circumference stellate, narrow, 0.5—0.7, rarely 1 or even 2 mm. broad, sometimes widened at their apices, but quite as frequently narrowed or even pointed. They are short, multifid, most frequently divaricately furcate with short interstices and therefore discrete; sometimes they are pinnate and more contiguous. Laciniae with crenate or crenato-incise apices, entire or slightly undulated contours, and more or less unto very convex surface, smooth towards the circumference, and rugose or even bullate towards the centre, at least in coarse specimens. Secondary laciniae are found, but they are not numerous. Laciniae epruinose or rarely slightly pruinose at their apices, thallus without soredia or isidia, opaque or with a faint horny splendour. Colour uniform, white or greyish white, moistened unaltered or with a tinge of green. Lower side white.

Upper cortex 20—40 μ thick. An exterior equally thick part (18—25 μ) is opaque with indistinct hyphae, an interior part of varying thickness uncoloured with distinct hyphae. Cortical hyphae perpendicular to the surface, sometimes almost plectenchymatous, constrictedly septate with rounded articuli. Gonidia arranged in an incoherent stratum of varying thickness. Its upper surface is more plane than in *Ph. aipolia*. Medulla uncoloured with very loosely interlaced hyphae, gradually transformed in the lower cortex. The hyphae of the lower cortex more closely interlaced, more thickwalled and more refractive, the majority of them more or less parallel to the surface. Rhizinae 80—100 (150) μ thick.

Apothecia numerous to very numerous, rounded or angular, due to mutual pressure. Disc plane, opaque, brown or brownish black, with or without pruina. Margin thick, persistent, entire or crenate, without folioli. Receptacle rugose, of the same colour as the thallus or yellowish about the centre. Its cortex from 80—140 or even 240 μ thick, in the exterior

part uncoloured or slightly shadowed with hyphae perpendicular to the surface, otherwise uncoloured with hyphae of different directions. Gonidia crowded in the margin, less numerous within the cortex, absent or very few under the hypothecium and in the medulla. Hypothecium uncoloured, 20—30 μ thick. Hymenium 80—100 (130) μ thick, epithecium yellowish-brown, insperse, occasionally with crystals of oxalate of lime, otherwise the hymenium is uncoloured and not insperse. Paraphyses slender, at their ends clavately incrassate (5 μ or less), indistinctly septate, undivided or usually more or less branched. Asci clavate, rather narrow, 67—85 μ long, 15—17 μ thick, octosporous. Spores straight, elliptic, or sometimes slightly flattened on one side, not constricted or only imperceptibly so at the septum, with rounded apices. Cell rooms approximate, angular, and stretched across the spore connected by a distinct canal. Spores shorter than in *Ph. aipolia*: 17,6—23,5 (25) μ long, 8—10,5 (11,8) μ thick.



Fig. 4. *Physcia stellaris* (L.) NYL.

Pycnides numerous (but frequently sterile), located in the ends of the laciniae (primary and secondary), and sometimes in the margin of the apothecia. They are globose or later depresso-globose, with a prominent ostiolum, 150—165 μ high and 150—240 μ broad. Perifulcrum black around the ostiolum, otherwise uncoloured or only locally shadowed. Pycnoconidia straight, cylindrical, 3—5 μ long. — In the thickened black part around the ostiolum is comprised the cortex as well as the perithecium.

Reaction: The cortex is coloured yellow by KOH, the medulla remains uncoloured, no colouring by CaCl_2O_2 . Hymenium blue, then dark vinous or black by J (only in very young undeveloped apothecia I have seen a persistent blue colour).

Physcia stellaris (L.) NYL. is much more monotypous than *Ph. aipolia* (ACH.) NYL. Its varieties *radiata* and *rosulata* are founded on individual variation more than on constant systematic differences, and probably on different states of age.

Owing to the slow growth of the Lichens the question of the alterations of their habitus with the age has been little studied. Evidently many adult plants preserve juvenile characters with great firmness. Some Lichens, e. g. *Ph. stellaris*, normally have branched paraphyses, but in the same specimen we can find apothecia with normal paraphyses, and others (well developed) where undivided paraphyses are the rule. This is also

the case with morphological characters, e. g. the branching of the laciniae which is of great importance for the whole habitus. ACHARIUS himself is of opinion that his f. *rosulata* is a »status adultus et senilis«. ¹

var. *radiata* (ACH.) NYL.

Parmelia stellaris α *radiata* ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 477.

Physcia stellaris α *adpressa* a. *genuina* β. *radiata* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 139.

Physcia stellaris f. *radiata* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. III. HARMAND Lich. France (1909) p. 618.

Tab. III fig. 5.

var. *stellata* is a variety with narrow, stellate, from the centre to the circumference discrete and continuous laciniae. Apothecia with pruinose disc and entire margin.

var. *rosulata* (ACH.) NYL.

Parmelia stellaris β. *rosulata* ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 477

Physcia stellaris α. *adpressa* a. *genuina* β. *rosulata* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 139.

Physcia stellaris f. *rosulata* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. III. HARMAND Lich. France (1909) p. 618.

Tab. III fig. 4.

var. *rosulata* is a coarser variety, with broader, rugose laciniae, which are contiguous at the centre and discrete only at the circumference. Apothecia with black, epruinose disc and crenate margin.

Intermediate varieties are frequent, especially one with the habitus of var. *radiata* and entire margin and epruinose disc. The saxicolous specimens belong here. However, we not rarely find the inverse proportion: pruinose disc and crenate margin. — f. *corallina* NORM. in herb. is p. p. *Ph. aipolia*, p. p. a coarse *Ph. stellaris* var. *rosulata* with microphylline, very bullate central laciniae. — In the island Tromsøen I have found a *Ph. stellaris* with very crenate laciniae, and coarsely crenate apothecia with brown epruinose disc.

¹ Lich. Univ. p. 477.

Hab. *Physcia stellaris* is found on the bark of deciduous trees, especially on *Populus tremula* and *Alnus incana*, also on *Fraxinus excelsior*, *Salices*, *Prunus spinosa* etc. I have not seen it on *Betula*. Also on rocks (chalk), and schistose rocks, very rarely on moss. — *Physcia stellaris* (i. e. var. *radiata* and var. *rosulata*) has the same distribution in this country as *Ph. aipolia*, but it much less abundant. — Its vertical distribution is less known. I have not seen it from stations higher than the tree-line, and it is not probable that it ascends higher. — The majority of our material belongs to var. *radiata*.

Loc. Frequent about Kristiania (M. N. BLYTT and others), and in Aker (LYNGE), Bærum (F. KLÆR), and Asker (LYNGE), also in the south-eastern lowlands: Drammen (KLÆR), Nordmarken, Minne, Helgøen (LYNGE), Ringebu (SOMMERFELT), Veldre (NORDHAGEN), Brandbu (LYNGE), Toten (SOMMERFELT), Kongsberg (POULSSON). Frequent in our great valleys: Østerdalen at Lille Elvedalen (LYNGE), Gudbrandsdalen at Lillehammer (JEBE), Vaagemo and Lom (LYNGE), Drivdalen (LYNGE), Numedal at Listad (F. KLÆR), in Telemarken near Rjukan (LYNGE). Probably frequent in Southern Norway: Lyngør, and Nergaren in Aamli (LYNGE). According to HAVAAS (in lit.) it is not unfrequent in Western Norway from the coast (Moster) to the inner end of the fjords. Voss (LYNGE), Trondhjem (KINDT), Frosta (JØRSTAD). Northern Norway: Saltdalen (SOMMERFELT), frequent along the coast of Tromsø amt: Gibostad, Ramfjorden, Maalsnes (LYNGE), and Tromsø (NORMAN), and very abundant in the extensive *Alnus*-formations in the valleys along the rivers: Maalselven, Bardo, Lyngen, Nordreisen (LYNGE). It is only recorded from the interior provinces of Finmarken: Luobal (NORMAN), and Skoganvarre (LYNGE) in Porsanger.

Recorded on rocks (only chalky) from Ibbested and Mestervik in Tromsø amt (LYNGE), and on moss from Trondenes in Tromsø amt (NORMAN).

f. *tenuisecta* TH. FR. in herb.

Thallus orbicular, minute, diam. 1.5—2 cm., laciniae very narrow, filiform, irregularly curved, stellate only at the circumference, intricately branched, imbricate, grey.

Recorded from Gudbrandsdalen: between Oien and Klevstad (TH. FRIES, herb. mus. Upsal.).

var. *tenera* (HAVAAS) LYNGE.

Physcia tenera HAVAAS Lich. Norv. exsic. 425.

Tab. III fig. 2.

Thallus small, orbicular, 2—3 cm. in diam. Laciniae closely appressed to the substratum, multifid, repeatedly divaricately furcate or pinnate, with acute angles, discrete, continuous from the centre to the circumference, linear, equally broad, very narrow: 0,3—0,5 mm. broad, with undulate contours. Thallus epruinose, without isidia or soredia, colour pale greyish-white, lower side uncoloured. Thallus resting on a cushion of well developed, branched rhizinae on the lower side and at the margin of the laciniae. Rhizinae grey or somewhat darker towards the centre. — Secondary laciniae not seen.

Thallus very thin (100 μ). Upper cortex 20—25 μ thick, its hyphae adspersed and very indistinct, discernable only in very thin sections, perpendicular to the surface, constrictedly septate with rounded articuli. Gonidia numerous, arranged in a thick stratum, filling up the greater part of the medulla. Medullary hyphae very loosely interlaced, no distinct limit between the medulla and the lower cortex. Hyphae of the lower cortex very thick-walled, densely interlaced, refractive, more or less parallel to the surface, uncoloured. Lower cortex 20—30 μ thick.

Apothecia numerous, orbicular, small, 1—1,5 mm. in diam., sessile, but not appressed, disc epruinose, margin persistent, very thin, minutely crenate. Spores rather small: 16,3—19,8 μ long, 7,9—9,2 μ thick. The texture of the apothecia otherwise entirely as in the species.

Reaction as in the species.

Hab. On the smooth bark of *Populus tremula*, far from the ground, in subalpine stations (300—350 m. s. m.).

Loc. Only recorded from Granvin in Hardanger, Western Norway (HAVAAS).

I am unable to regard this plant as a proper species. It grows associated with forms of *Ph. aipolia* which have also very narrow laciniae, (convergent forms). Its very local distribution indicates a modification of the habitat.

2. *Physcia aipolia* (Ach.) NYL.

Lichen aipolius ACHARIUS Prodrömus (1798) p. 112.

Parmelia aipolia ACHARIUS Methodus (1803) p. 209, ACHARIUS Lich.

Univ. (1810) p. 477, ACHARIUS Synopsis (1814) p. 215. SOMMERFELT Supplem. Fl. Lappon. (1826) p. 111.

Physcia stellaris FR. NYLANDER Synopsis (1860) p. 424.

Physcia stellaris var. *aipolia* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 111.

Ph. stellaris a *adpressa* var. *aipolia* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 139. LYNGE Busk og bladlaver (1910) p. 103.

Physcia aipolia NYLANDER Addenda Nova Flora (1870) p. 38. WAINIO Adjumenta I (1881) p. 135. CROMBIE Brit. Lich. (1894) p. 313. HUE Lich. Extra-Eur. (1900) p. 60. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 158. ELENKIN Lich. Ross. Med. (1907) tab. V, fig. 8. HARMAND Lich. France (1909) p. 619. SANDSTEDT Flechten d. n. w. deutschen Tieflandes (1913) p. 234.

DALLA TORRE and SARNTHEIM write (l. c.) »*Physcia aipolia* (EHRH.) NYL «, founded on EHRHART Pl. crypt. exsicc. 207 (1785). I have not the plant of EHRHART before me, and cannot decide whether it really is our species. Anyhow the combination of the said authors is incorrect, for EHRHART named his plant »*Lichen ambiguus*«, not »*Lichen aipolius*«. According to the Schedae of ZAHLBR. Krypt. Exsicc. no. 1980, the collection of EHRHART is not valid as a foundation for lichenological nomenclature.

Exsicc. ANZI Lich. Ital. sup. 117 (var. *acrita*, s. n. *Parmelia stellaris* var. *ambigua*). CLAUD. et HARM. Lich. Gall. praec. 127. CUMMINGS, WILLIAMS & SEYMOUR Lich. Bor. Amer. Ed. II, 168 (var. *acrita*, s. n. *Physcia stellaris* (L.) TUCK.). FLOERKE Deutsche Lichenen (var. *acrita*, s. n. *Parmelia aipolia* ACH.). HAVAAS Lich. Norv. 215 (var. *anthelina*). HEPP Flechten Eur. 877 (var. *acrita*). LEIGHTON Lich. Brit. 6 (var. *acrita*, s. n. *Parmelia stellaris* ACH.). MALBRANCHE Lich. Norm. 25 (var. *acrita* s. n. *Physcia stellaris*). MALME Lich. Suec. 205 (inter *anthelinam* et *acritam*). MASSALONGO Lich. Ital. 318 (A. var. *acrita* B. var. *anthelina*, s. n. *Squamaria aipolia* MASS.). MIGULA Krypt. 92 (var. *acrita*). SCHAEERER Lich. Helv. 350 (var. *acrita*). STENHAMMAR Lich. Suec. 73 inf. (var. *acrita*, s. n. *Parmelia stellaris* Fr.). ZAHLBRUCKNER Krypt. Exsicc. Vindob. 2078 (var. *acrita*).

Thallus middle-sized or large, orbicular, diam. up to 11—12 cm., rigid, closely appressed to the substratum and attached through branched rhizinae of dark or pale colour. Lacinae stellate, of varying length, 1—1.5 mm. broad, usually broader, up to 2—2.5 mm. at the ends, and rounded, crenate or incise. Lacinae either repeatedly furcate or pinnate, with many short lateral branches; in some varieties they are contiguous or even imbricate, in others discrete. They have an irregularly

undulate or crenato-incise outline, they are plane or in some varieties slightly convex, originally smooth or later on — specially about the centre — more or less rugose, and frequently instructured with numerous short, verrucose or papillose secondary laciniae. Thallus without pruina, isidia or soredia, but suffused with numerous small white dots. Colour white or greyish-white, moistened with a faint cast of green, but never apple-green as in *Ph. pulverulenta*.

Upper cortex in the exterior part pale greyish (8—16 μ), otherwise uncoloured. Hyphae plectenchymatous, rather thick-walled with spacious cell-rooms. Gonidia glomerate in a stratum with a very unequal upper surface, its distance from the surface of the thallus varying from 10—45 or even 55 μ . Medulla white, hyphae loosely woven, especially in the upper part, slightly adspersed, 2,5—4,5 μ thick. Lower cortex more or less well marked off from the medulla, 15—60 μ thick, either entirely uncoloured, or in the outer part darker coloured. The majority of the hyphae are more or less parallel to the surface. Sometimes the lower cortex is locally plectenchymatically developed. Rhizinae 50—90 μ thick.

Apothecia well developed, sometimes covering the central part of the thallus. They are rounded or angulose, due to mutual pressure. Margin thick, persistent, entire or crenate, but without folioli. Disc plane, opaque or slightly shining, colour reddish brown or black, without or in some varieties with a white pruina. Receptacle more or less rugose, of the same colour as the thallus or yellowish about the centre. Its cortex is very thick, up to 220 μ , uncoloured or faintly shadowed in the exterior part, built up of very refractive, 5—6 μ thick hyphae, which are perpendicular to the surface in the exterior part, and of a more irregular direction in the interior part. Gonidia crowded in and near the margin and arranged in a more or less continuous stratum under the hypothecium and within the cortex, but only scattered in the thin medulla. Hymenium in the outer part yellowish or reddish-brown, otherwise uncoloured, frequently with oil-drops; 100—130 μ thick. Paraphyses 2—2,5 μ thick, slightly clavately incrassate towards the ends, in the thick part constricted, otherwise indistinctly septate, they are undivided or more or less branched. Asci clavate, 65—70 μ long, 14—20 μ thick, octosporous. Spores obliquely biseriate or sometimes parallel to the asci, straight, ellipsoidic or slightly flattened on one side, not constricted, rounded at the ends. Cell-rooms connected through a distinct canal; they are small, either angulose and stretched across the spores or rounded (like a sand-glass); dimensions 20—26 (29) μ long, 8,5—11 (13) μ thick.

Pycnides numerous or very numerous, located in the ends of the laciniae, globose or depresso-globose diam. 200—240 μ . Perifulcrum black about the ostium, otherwise uncoloured, or only locally darkened. Basidia 5—6 μ long, 4—5 μ thick. Pycnoconidia straight, cylindrical or slightly incrassate at the septum, 4—5 (5.5) μ long, 1—1.5 μ thick.

React. Cortex as well as medulla distinctly yellow by KOH, no colour by CaCl_2O_2 . Hymenium first blue, then black or sordid vinous red by J.

The statements of the dimensions of the spores vary: CROMBIE 16—26 \times 8—11, HARMAND 24—28 \times 10—13, SANDSTEDE 16—24 \times 7—10, JATTA (Sylloge p. 140) 24—36 \times 6 μ , which is certainly incorrect.

Physcia aipolia is on a whole a larger plant than *Ph. stellaris*, and well separated from this species by the more elongate and plane laciniae, which are more closely appressed to the substratum, and especially by the KOH-reaction of the medulla. The spores are longer, but not thicker, than in *Ph. stellaris*; large *stellaris*-spores are so long as medium-sized *aipolia* spores.

Physcia concrustans NYL.¹ has a distinct positive KOH-reaction of the medulla, and cannot, accordingly, belong to the *Ph. obscura* tribe. It has a thick, very rugose thallus. Prof. ELFVING, Helsingfors, was kind enough to send me a specimen for comparison. I consider it to be merely a morbid *Ph. aipolia*.

The lichenologists have proposed numerous varieties of *Physcia aipolia*. It will be seen from the descriptions that they differ in characters, which are very variable in the genus. It is hardly possible to attribute a great systematic value to them, with the exception of the *angustata*, which can safely be raised to the rank of a subspecies, and perhaps to a proper species (petit espèce). ACHARIUS, the great founder of our science, arranges the varieties into a juvenile one (f. *acrita*) with a pale lower side, uncoloured rhizinae, and apothecia with entire margin, and into two adult ones: f. *cercidia* with black rhizinae and contiguous laciniae, and f. *anthelina* with pale lower side and discrete laciniae.

¹ Addenda nova p. 350.

var. *acrita* (ACH.) WAIN.

Incl. var. *cercidia* (ACH.).

Parmelia aipolia α *acrita* ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 477. SOMMERFELT Suppl. Fl. Lapp. (1826) p. 111.

Physcia stellaris α *adpressa* β . *aipolia* α *acrita* et β *cercidia* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 139. *Ph. stellaris* var. *acrita* et var. *cercidia* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 111.

Physcia aipolia var. *acrita* (vel *cercidia*) WAINIO Adjumenta I (1881) p. 136. CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 314. HARMAND Lich. France (1909) p. 619.

This is a coarse plant of a habitus approaching to *Ph. pulverulenta* var. *allochroa*. The laciniae are contiguous, rather short and broad, and usually of a slightly darker colour than var. *anthelina*. At the circumference they are plane, in the centre with wrinkles lengthways of the laciniae, more or less rugose, and furnished with many small secondary laciniae. Lower side pale or dark.

The disc of the apothecia naked or pruinose, margin entire or crenate.

I can see merely a difference of age between var. *acrita* and var. *cercidia*; var. *cercidia* has a dark lower side and crenate apothecia. Crenate apothecia are decidedly a mark of age, and the colour of the lower side is a very variable character in the genus.

Hab. Found on the bark of deciduous trees, especially on *Populus tremula*. — It has not yet been reported from Finmarken, otherwise it has the same distribution as var. *anthelina*.

Loc. Very abundant about Kristiania and known from numerous stations in Aker, Bærum, and Asker (hb. M. N. BLYTT and others). Frequent in the southeastern lowland: Veldre (NORDHAGEN), Toten (SOMMERFELT), Norderhov (NORMAN), Brandbu, Minne, and Vestfjorddalen (LYNGE). Frequent in Southern, most probably also in Western Norway and in the Trondhjem district: Aas and Drøbak (LYNGE), Drammen (hb. M. N. LUND), Skien (HOCH), Lyngør (LYNGE), Voss (LYNGE), Granvin (HAVAAS), and Frosta (JØRSTAD).

Northern Norway: Salten (SOMFT.). Frequent in Tromsø amt in the valleys as well as along the coast on the bark of *Alnus* and *Populus*:

Maalsnes (LYNGE), Tromsøen (NORMAN), Likkavarre in Maalselven, Strømsmo in Bardo, and Lyngseidet (LYNGE). Not yet recorded from Finmarken.

var. *anthelina* (ACH.) WAIN.

Parmelia aipolia var. *anthelina* ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 478. SOMMERFELT Supplem. Fl. Lapon. (1826) p. III.

Physcia stellaris var. *anthelina* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. III.

Physcia stellaris α *adpressa* β *aipolia* γ *anthelina* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 140.

Physcia aipolia f. *anthelina* WAINIO Adjumenta I (1881) p. 135. CROMBIE Brit. Lich. (1894) p. 313. HARMAND Lich. France (1909) p. 619.

Tab. III, fig. 3.

This is also a coarse variety with elongate, stellate, much branched and discrete laciniae, continuous from the centre to the circumference. Colour white or greyish-white. Laciniae slightly convex or pale, smooth or a little rugulose, with numerous papillose or branched secondary laciniae in the central parts. The long black tomentose rhizinae are distinctly seen between the discrete laciniae.

The disc of the apothecia is dark, brownish-black, covered by a dense white or bluish-white pruina. Margin usually entire, crenate only in old and coarse plants.

There are many transitional states between var. *acrita* and var. *anthelina* with broad, more or less contiguous laciniae.

Hab. var. *anthelina* prefers the bark of *Populus tremula* and is a faithful companion of that tree. It is also frequently found on the bark of other deciduous trees (not *Betula*). It is one of the most frequent Lichens in Norway and is distributed through the whole country from Lindesnes to the Russian frontier. It ascends to 900—1000 m. s. m. (as high as its hosts), but it is rare at that elevation.

Loc. Abundant about Kristiania from innumerable stations in Aker, Bærum, and Asker (N. G. MOE and others), and from the south-eastern lowlands and all the great valleys: Sundvolden (HAVAAS), Minne, Helgoen (LYNGE), Rena (F. KLÆR), Søndre Fron (F. KLÆR), Dovre (ZETTERSTEDT), Land and Vang (NORMAN), Kongsberg (POULSSON), Hol (LYNGE). Frequent along the south coast: Larvik (NORMAN), Lyngør (LYNGE), and in Western Norway from the coast to the limit of trees: Moster and Granvin (HAVAAS

and LYNGE), Voss (LID), Reime (LYNGE). From the Trondhjem district: Trondhjem (KINDT), Frosta (JØRSTAD).

In Northern Norway *Populus* is not frequent as a tree along the coast, but rather abundant in the valleys. Var. *anthelina* has the same distribution: Salten (SOMMERFELT), abundant in Maalselven and Bardo: Moen, Bjørnstad, Rostavand, Strømsmo, Indset (LYNGE). In Finmarken only from the interior: Skoganvarre (LYNGE), Karasjok (NORMAN), Polmak (TH. FRIES), Sydvaranger (HAVAAS).

Var. *anthelina* is evidently a more northern plant than var. *acrita*. It is the more frequent in Northern Norway, whereas the greater part of our Extra-Norwegian material belongs to var. *acrita*.

var. *alnophila* WAIN.

Physcia aipolia f. *alnophila* WAIN. Adjumenta I (1881) p. 136.

Tab. III, fig. 1.

Var. *alnophila* is a more tender plant with the habitat of *Physcia stellaris*. The laciniae are short, narrow, contiguous, discrete only at the circumference, somewhat convex; they are much — dichotomously — branched and therefore less distinctly stellate. The white dots are only slightly conspicuous. Colour white or greyish-white. Lower side clothed with black rhizinae.

Apothecia very numerous, sometimes covering the central parts of the thallus. Disc epruinose, margin entire or (f. *crenulata* WAIN.)¹ crenate.

It may be mistaken for a coarse *Ph. stellaris*, but is with certainty distinguished from this species by the medullary reacton (KOH⁺). In my opinion there is merely a difference of age between var. *alnophila* and var. *crenulata*.

Hab. var. *alnophila* prefers the bark of *Alnus incana*, but is also found on other deciduous trees (not *Betula*), especially on *Salix*; very rarely on stone. It is markedly a northern plant, and is only rarely found south of Dovre.

Loc. In Southern Norway: Bergen (hb. FRIELE), Kongsvold (saxicola, hb. F. KLÆR). North of Dovre: Trondhjem: Sorgenfri (LYNGE), Steigen

¹ Adjumenta I p. 136.

(NORMAN), Ibbestad (LYNGE). It is found on nearly every tree of *Alnus incana* in the extensive plantations of that tree in Maalselven and Bardo along the rivers (LYNGE). Finmarken: Kautokeino (WAHLENBERG), and Raipas in Alten (ZETTERSTEDT).

var. *subincisa* (TH. FR.) LYNGE comb. nov.

Parmelia incisa FR. STENHAMMAR. Iagttagelser rörande Lafvarnes historia och utbredning. Förhandl. vid Skand. Naturf. möte III (1842) p. 614.

Physcia stellaris α *adpressa* b. *aipolia* δ *subincisa* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 140 (ubi syn.).

According to NYLANDER¹ FRIES Lich. Suec. 340 belongs to var. *subincisa*.

It approaches var. *alnophila* on account of its short laciniae. It is separated from var. *alnophila* by still shorter, very rugose, closely contiguous or even imbricate laciniae and an almost crustaceous (placodiiform) habitus. Central laciniae very convex, bullate or papillose. Colour white, lower side also white or pale yellowish-grey, rhizinae of the same colour.

The specimens are quite fertile, the apothecia are crowded with entire, or at last slightly crenate margin, and pruinose disc.

Western Norway: Vindellen in Lerdal, at the inner end of the Sognefjord, on stone (SOMMERFELT) s. n. *Parmelia stellaris* ACH. It must be rare in Norway, for it has not been detected elsewhere.

TH. FRIES saw the plants of SOMMERFELT and identified them with the authentic specimens of STENHAMMAR. — Var. *subincisa* has a distinct positive medullary reaction and belongs to *Ph. aipolia*, not to *Ph. stellaris*, as already stated by TH. FRIES.

STENHAMMAR's name is a »nomen nudum«, without description.

subsp. *angustata* (NYL.) WAIN.

Physcia stellaris var. *angustata* NYLANDER Synopsis (1860) p. 426.

Ph. stellaris var. *aipolia* f. *angustata* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 111.

Physcia aipolia f. *angustata* WAINIO Adjumenta I (1881) p. 136.

Var. *angustata* is a delicate plant with linear, very narrow (0,3—0,4 mm.) plane, discrete laciniae and small spores.

¹ Lich. Scand. p. 112.

There are two formae in Norway:

1) Probably the type of NYLANDER. Laciniae closely appressed to the substratum, very multifid with short interstices and divergent branches, branches fitting into one another like mosaic, more rarely stellate. Their outline is crenate. Lower side and rhizinae pale (in our plants).

Apothecia very numerous, small (diam. up to 1 mm.), margin entire, thin, disc epruinose. Spores small: 15,6—21 μ long, 7,6—8,7 μ thick.

Known from Finmarken: In the Tana valley at Storfossen, Seilnes, and Bassevuovde (NORMAN), in Alten at Reipas (ZETTERSTEDT); from Tromsø amt: Indset in Bardo (LYNGE).

2) f. *pruinosa* LYNGE n. f. Laciniae adpressae, parcius ramosae, interstitiae ramorum longiores, angula axillarum acutior et eam ob causam thallus habitum plus stellatum habet; laciniae margine minute crenulatae. Thallus subtus albidus, rhizinae subconcolores vel dilute fuscescentes.

Apothecia majora (diam. usque 2,5 mm.), margine crasso integro circumdata, discus planus, intense caesio-pruinosis. Sporae parvae: 17—21 (23) μ longae, 7,9—10,5 μ crassae. — Pycnides desunt.

Salicicola, in insulam Tromsø (NORMAN).

NYLANDER'S var. *angustata* is »fusconigro-fibrillosus«. The rhizinae of the Norwegian plants are either quite uncoloured or pale brown. I do not attribute much importance to this difference.

I have not been able to see an authentic specimen, and the description, given by NYLANDER in his wonted lapidary style, is insufficient for a certain determination. It is impossible to refer the Norwegian plants to any other variety of *Ph. aipolia*, and if they should be different from NYLANDER'S var. *angustata*, they must be given a new name. In that case I should propose the name »*Physcia aipolia* var. *nordlandica* LYNGE.

3. *Physcia ascendens* BITTER.

Borrera tenella α ACHARIUS Lich. Univ. (1810), p. 498, ubi syn.

Physcia stellaris β *adscendens* (FR.) TH. FR. α *tenella* (WEB.) TH. FR. Lich. Scand. I (1870) p. 140.

An syn.: *Physcia stellaris* var. *tubulosa* WALLR. in WAIN. Lich. Vib. (1878) p. 50. «Laciniis adscendentibus, apice inflato, tubulatis et ibidem intus sorediosis.»

Physcia leptalea var. *tenella* (p. p.) HARMAND Lich. France (1909) p. 621.

Physcia ascendens BITTER Ueber die Variabilität einiger Laubflechten etc. (1901) p. 431 et 433 fig. 3 AB. BOULY de LESDAINS Recherches sur les Lichens des Environs de Dunkerque (1910) p. 107 (sensu latiore).

The synonymy of *Physcia ascendens* and *Ph. tenella* is very intricate and has been still more complicated on account of the divergent opinion of the lichenologists as to their specific difference. It is therefore impossible to give a full list of synonyms without a study of the various authors' material. They were first separated as two species by BITTER (l. c.), but many eminent lichenologists (e. g. HARMAND) consider them to be merely individual variations produced by different degrees of humidity and temperature.

I have carefully studied the question in nature and on a large herbarium material, with the result that I agree with BITTER. The two species frequently grow together on the same tree, they are even entangled, the laciniae of one of them making their way between the laciniae of the other species. But a cautious examination will always enable us to separate them, and I have never seen their characters combined in one specimen. In addition to the morphological characters we may mention that *Ph. tenella* is frequently fertile, *Ph. ascendens* usually sterile. They have not the same distribution: *Ph. tenella* is recorded as far north as Tromsø, *Ph. ascendens* only to Trondhjem, *Ph. ascendens* is a lowland plant, *Ph. tenella* a coast lowland plant. In Norway *Ph. tenella* is much more frequent than *Ph. ascendens*.

Exsicc. ANZI Lich. Ital. super. 119 (*Parmelia stellaris* L var. *tenella* (SCOP.)), FRIES Lich. Suec. 206 B (*P. stellaris*), HEPP Flecht. Eur. 879 (*Lobaria tenella* (SCOP.) HEPP.), LEIGHTON Lich. Brit. 174 (*Borreria tenella* ACH.), MALBRANCHE Lich. NORM. 71 (*Ph. stellaris* var. *leptalea* NYL.), MALME Lich. Suec. 157 (*Physcia tenella*), MERRILL Lich. Exsic. 112 (*Physcia tenella* (SCOP.) NYL.), SCHAEER. Lich. Helv. 352 (*Parmelia stellaris* δ *tenella* SCHAEER.) et 607 dext. (coll. nob. s. n. *Parm. obscura* ξ *virella* SCHAEER.), TUCK. Lich. Amer. sept. 84 (*Parmelia stellaris* β *hispida* FR.). ZAHLBR. Krypt. Exsic. Vindob. 248 (s. n. *Physcia tenella*). (SCOP.) NYL., 880.

Thallus growing in small or middle-sized rosettes, diam. 2—3, rarely 5—8 cm. Laciniae at their ends free from the substratum and more or less ascending; they are rather compact, imbricate, short, 0.5—1 mm. broad, widened at the apices, convex or semi-cylindrical, bi- or tri-furcate,

entire or almost entire at the margin. Isidia absent. Some laciniae sorediate, soredia produced on the lower side of small, very convex or even helmet-like (fornicate), rugose, frequently perforate terminal laciniae. Other laciniae are esorediate; they are usually only slightly ascending, flatter and not fornicate, with truncate or rounded or frequently crenate or incise apices. Along the margin of the laciniae are found unbranched, long cilia, at their base of the same colour as the thallus, at their apices darker. The colour of the thallus white or whitish-grey, lower side uncoloured. When moistened, the »helmets« are somewhat translucent.

Upper cortex (25—) 30—40 (—60) μ thick, at the exterior part (13—18 μ) of a dark colour, otherwise uncoloured, formed of plectenchymatous, relatively thick-walled, constrictedly septate hyphae. Gonidia (diam. 9,5—11 μ) arranged in a broad undulate stratum under the cortex, they do not — or only exceptionally — grow out into the cortex. Medulla white, formed of branched, loosely interlaced hyphae, and gradually transformed into the lower cortex. Lower cortex not plectenchymatous, hyphae chiefly parallel to the surface. Thickness 25—45 μ .

Thallus usually sterile, but in fertile specimens apothecia are often abundantly developed. They are small, orbicular, diam. up to 2 mm., sessile, rarely very shortly pedicellate. Margin inappendiculate, minutely crenate, persistent, thin in old apothecia. Receptacle of the same colour as the thallus, rugose or smooth, without rhizinae, its cortex thick, up to 160 μ , formed by thick-walled, closely contiguous hyphae, perpendicular to the surface at the exterior part, but of indeterminate direction at the interior part. Gonidia numerous in the margin, few or absent under the hypothecium. Disc plane, frequently whitish pruinose, colour reddish-brown (at least when wet) or black. Hypothecium pale yellowish, 40—50 μ thick. Hymenium 80—90 μ thick, insperse and dark brown at the exterior part, otherwise uncoloured and not insperse. Paraphyses imbedded in a firm gelatina, rather thick (1,5—2 μ), at their apices clavately incrassate and distinctly constrictedly septate, most frequently unbranched, occasionally with short lateral branches. Asci clavate, 50—55 μ long, 20—22 μ thick. Spores obliquely biserial, straight or slightly fabiform, ellipsoidal with distant focuses, only imperceptibly constricted at the septum. Cell-wall thick, cell-rooms small, usually in the shape of two cones with concurrent apices, occasionally irregularly angular. Asci normally octosporous, spores 17—22 μ long, 8—9,5 μ thick. Tetrasporous asci are very rare, with long spores: 24—27 μ long, 8—11 μ thick.

Pycnides are not rare, but fertile ones were searched for in vain.

Reaction: Cortex slightly yellow by KOH, medulla uncoloured, no colouring by CaCl_2O_2 . Hymenium persistently blue or bluish-black by J.

Hab. On the bark of deciduous trees, especially in avenues and trees in open situations, very rarely on rocks (moist Atlantic climate in Western Norway). It has a great predilection for the thin twigs of *Prunus spinosa*, wild *Ribes rubrum* and the like along the coast.



Fig. 5. *Physcia ascendens* Bitter.

Loc. *Physcia ascendens* belongs to the southern lowlands and is not recorded north of Trondhjem. It is frequent about Kristiania: Tøien, Hovedøen, Ekeberg (MOE), Høvik, Blommenholm (KLÆR), Skogumsaasen (LYNGE), also in the south-eastern lowlands: Nitedal (MOE), Høland (LYNGE), Sundvolden (HAVAAS and LYNGE), Minne, Hersjøen, Brandbu (LYNGE), Veldre (NORDHAGEN). Not (yet) recorded from our great south-eastern valleys. Frequent along the south and west coast: Haaøen (BLYTT), Hvaler (LYNGE), Larvik (BLYTT), Moster (HAVAAS and LYNGE, at Moster also saxicolous), less frequent towards the inland end of the western fjords (HAVAAS in lit.); Voss (HAVAAS). Trondhjem: Ladehammern (KINDT). Not recorded north of Trondhjem.

4. *Physcia tenella* (SCOP.) emend. BITTER.

Lichen tenellus SCOPOLI Flora Carniolica ed. 2 a (1772) p. 394.

Physcia tenella BITTER Ueber die Variabilität einiger Laubflechten (1901) p. 431 et 432 fig. 2.

The synonymy of this species is very intricate and the priority cannot be decided without a study of the authentic specimens of early authors. I have not seen the *Physcia tenella* of SCOPOLI. In naming the species BITTER does not argue from a point of priority, but from morphological views (»Durch die genannten Eigenschaften ist der Artnamen der beiden Lichenen begründet«). A full list of uncertain synonyms will make bad worse.

EXSIC. CLAUD. et HARM. Lich. Gall. praecip. 128, FLOERKE Deutsche Lich. 73, FLOTOW Lich. Exsic. 90 B and 90 Bb (at least in our herb., s. n. *Parmelia stellaris fornicata* WALLR.), HAVAAS Lich. Norv. 336 (near *Ph. leptalea*), NORRL. et NYL. Herb. Lich. Fenn. 216 (*Physcia stellaris* • *tenella* f. *subbreviata* NYL. in lit.), RCHB. et SCHUB. 37, STENHAMMAR Lich. Suec. 212 inf. (*Parmelia caesia*).

Thallus growing in small rosettes, diam. up to 4 cm., rosettes often confluent, covering larger areas. Laciniae at the circumference slightly appressed, otherwise more or less ascending or protruding, short, narrow (narrower and more diffuse than in *Ph. ascendens*), flat or somewhat convex, multifid, repeatedly furcate, incise or lacerate. Thallus without isidia. Laciniae at their apices incurved or even revolute and on the (morphological) lower side densely sorediate. Laciniae along the margin clothed with long unbranched or branched cilia of the same colour as the thallus, or slightly darkened at their apices. Thallus of a white or greyish-white colour, moistened greenish, lower side white or greyish, surface opaque or rarely with a faint lustre; thallus not translucent.

Upper cortex 25—30 (—40) μ thick, uncoloured, or especially at the exterior part, greyish. Hyphae indistinct, 5—6 μ thick, perpendicular to the surface, thin-walled, constrictedly septate. Surface sometimes papillaceous from hyphae which grow forth. Gonidia crowded, diam. 12—14 μ . Medulla white. Lower cortex uncoloured, 25—50 μ thick, hyphae chiefly parallel to the surface.

Thallus frequently fertile; apothecia orbicular, diam. 1.5 to 2 mm., sessile or very shortly pedicellate. Margin thin, minutely crenate, but inappendiculate, frequently sorediate. Receptacle of the same colour as the thallus, rugose, without rhizinae. Cortex to 100 μ thick, hyphae septate, closely contiguous, perpendicular to the surface. Gonidia crowded in thick clusters within the cortex, few in the medulla and absent under the hypothecium, large, diam. up to 22 μ . Disc of young apothecia reddish-brown, then black, moistened persistently reddish-brown, epruinose or occasionally with a thin bluish pruina. Hypothecium up to 40 μ thick, uncoloured or yellowish. Hymenium 65—80 μ thick, with brown epithecium, otherwise it is uncoloured. Paraphyses rather thick (2 μ), at their apices clavately incrassate (3—4 μ) and constrictedly septate, usually unbranched, occasionally branched towards the tips. Asci narrowly clavate, 50—53 μ long, 14—18 μ thick, octosporous. Spores obliquely biserial, two-celled (or very rarely four-celled), ellipsoidal, straight, rounded at the ends, slightly constricted at the septum. Cell rooms small, rounded or angular. Colour pale greyish brown, size varying only slightly: 14—18.5 μ long, 7.4—10 μ thick.

Pycnides numerous, with protruding apices, oblong, 150—185 μ high, 120—130 μ broad. Perifulcrum dark at the ostium, otherwise uncoloured. Pycnoconidia straight, cylindrical, or slightly thickened at the middle, 3—4 μ long. — The pycnides are very frequently sterile.

React. Cortex faint yellow by KOH, medulla unaltered, no colouring with CaCl_2O_2 . Hymenium intensely and persistently blue with J.

Hab. On the trunks of deciduous trees, especially in open situations (avenues &c). One of the few *Physciae* which is frequently found on *Betula*. Also found on old wood (fences &c), and (rarely) on stone.

Loc. *Physcia tenella* is a lowland species, but not confined to the southern lowlands. It has been recorded as far north as Alten and Tromsø (miserable specimens), and in luxuriant specimens as far north as Bodø. It has not been recorded from the more continental districts of our country (the south-eastern valleys, in the s. e. lowlands only from Minne near the great lake Mjøsen. It is therefore evidently a coast species. — Many phanerogamous plants also have the northern limit of their continuous distribution about Lofoten, e. g. *Anemone Hepatica*. *Narthecium ossifragum* and *Blechnum Spicant*.

Physcia tenella is very frequent or even abundant about Kristiania: Tøien, Nitedalen (MOE), Hakedalen, Bryn, Bærum, and (the lower parts of) Nordmarken (LYNGE). Minne (LYNGE). Frequent along the south and west coast and fjords: Hvaler, and Sandefjord (LYNGE), Larvik (NORMAN), Lyngør (LYNGE), Moster (HAVAAS and LYNGE), Fane at Stend (HAVAAS), Strandebarum (LILLEFOSSE), Granvin: Havaas (HAVAAS and LYNGE), also at Voss (HAVAAS). Abundant about Trondhjem: Stjørdalen (SOMMERFELT), Ladehammern and Løviken (KINDT), Sorgenfri (LYNGE), Frosta (JØRSTAD), Namsos (MALMGREN). Nordland: Bodø (SOMMERFELT). I have searched for it in vain in Tromsø amt, but there is a specimen from Tromsø in our herbarium (NORMAN). Finnmarken: Bjørnstad in Alten (hb. NORMAN).

var. *marina* (E. NYL.) LYNGE comb. nova.

Lichen tenellus β WAHLENBERG Flora Lapponica (1812) p. 435 (I have seen his specimens from »petris denudatis prope littora maris«, but not from »parietibus ligneis«).

Physcia stellaris var. *marina* E. NYLANDER Ålands Laf-vegetation (1857) p. 86.

Physcia stellaris var. *subobscura* NYLANDER Ad vegetationem Helsing., Savol. et Alandiae addenda (1858—1859) p. 239. NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 111. NYLANDER Synopsis (1858—1860) p. 426. CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 311. KNOWLES The Marit. and Marine Lichens of Howth (1913) p. 125.

Physcia caesia * *leptalea* TH. FRIES Lich. Arct. (1860) p. 65.

Physcia stellaris β *adscendens* δ *marina* TH. FRIES. Lich. Scand. I (1871) p. 140.

Physcia leptalea var. *subobscura* OLIVIER Lichens d'Europe I (1907) p. 240 (164).

NYLANDER was well aware that this plant was named by EDW. NYLANDER, but he rejected the older name on the insufficient grounds that it was »non bonum»: *Dicta* var. *marina* l. c. sed hoc nomen non bonum, quia etiam aliae formae in maritimis occurrunt¹.

E. FRIES mentions a maritime form which is probably our species, but I have not seen his plants: »vidi rarissime v. c. e. Christiania in Norvegiae maritimis lectae cinereo-fuscescentem»².

TH. FRIES cites as a synonym *Borrera tenella* β *leptalea* ACH. Lich. Univ. p. 498³, the variety of Acharius perhaps includes our species, but it is not identical, which is seen from his description as well as from the station: »Habitat in saxis et truncis arborum Europae».

EXSIC. STENHAMMAR Lich. Suec. 212 inf. dext.

Thallus loosely fixed to the substratum, pulvinate, laciniae at the circumference free from the substratum, but not ascendant or only slightly so, towards the centre more or less ascendant or even erect, subimbricate, repeatedly very multifid with divaricate, divergent interlaced branches. Laciniae elongate, narrow (0,2—0,5 mm. broad), convex, slightly rugulose, opaque, not isidiate, along the margin instructed with long, spreading unbranched dark cilia. The dilated, frequently incurved, never fornicate, apices of the laciniae sorediate at their lower side. Colour ash-grey, varying from pale grey to very dark, almost black, lower side pale grey or uncoloured, with few rhizinae.

Hyphae of the upper cortex more thick-walled than in *Ph. tenella*. Apothecia and pycnides frequent; disc black.

Otherwise the anatomical, carpological and chemical characters as in *Ph. tenella*.

Hab. Confined to maritime rocks, growing along cracks or in low moist grooves, frequently sprinkled by the sea-water; the *Placodium*-belt of WARMING⁴.

¹ NYLANDER Ad vegetationem etc. l. c.

² E. FRIES Lich. Eur. reform. p. 83.

³ TH. FR. Lich. Arct. p. 65.

⁴ Dansk Plantevækst I Strandvegetationen p. 8.

Loc. It has a continuous distribution along our coast from the Swedish frontier in south to the Russian frontier in north, evidently frequent everywhere along the sea, but not recorded from the fjords. South and west coast: Vasser: Sandøen (LYNGE), Staværn (NORMAN), Lyngør (LYNGE), Moster (HAVAAS and LYNGE), Sunde near Luksund, Lygrefjorden, and Stat (HAVAAS). Northern Norway: Rødø (NORMAN), Salten (SOMMERFELT), Tromsø (NORMAN), Nordfuglø (BLYTT), Alten (WAHLENBERG), Øxfjord (BAUR), Honningsvaag (LYNGE), Nordkap (WAHLENBERG), Vardø (HAVAAS), Næsseby and Sjaaholmen (TH. FRIES), (LAUDER LINDSAY records the *subobscura* NYL. from Dovre² (= Jerkin, corticolous and muscicolous¹). It is not probable that this could be correct.

Differs from the species in having darker thallus and cilia, more densely interlaced laciniae, and a more compact, pulvinate thallus. — Old herbarium specimens sometimes fade to a greyish-white colour. — It has a wider distribution than the type, which is frequently the case with maritime plants e. g. *Anaptychia ciliaris* var. *melanosticta*.

var. *leptalea* (ACH.).

Parmelia leptalea ACHARIUS Methodus (1903) p. 198.

Borreria tenella ♂ *leptalea* ACHARIUS Lichenographia universalis (1810) p. 498.

Physcia stellaris var. *leptalea* NYLANDER Synopsis (1860) p. 425. CROMBIE British Lichens I (1894) p. 311.

Exsic. ANZI Lich. Ital. Sup. 118 A. (*Parmelia stellaris* var. *leptalea*; coarser laciniae than in our plants). NYLANDER cites TUCKERMAN Lich. Amer. sept. 84, in our copy no. 84 is *Ph. ascendens* BITTER).

Thallus small (up to 2 cm.), delicate. Laciniae appressed, discrete, multifid, pinnate or furcate with acute angles and divergent branches, very narrow (0.2—0.3, rarely 0.5 mm. broad), elongate with crenate, ciliate margins, cilia uncoloured at the base, darkened towards the apices. Thallus even or rugose, without soredia or with some small and inconspicuous apical soredia. Colour white or whitish-grey, under side of the same colour.

Apothecia with persistent, entire or minutely crenate margin, and epruinose or pruinose disc. Gonidia crowded in the margin, numerous in the medulla, also under the hypothecium; epithecium very insperse (in the

¹ Journ. Linn. Soc. Bot. vol. IX (1867) p. 379.

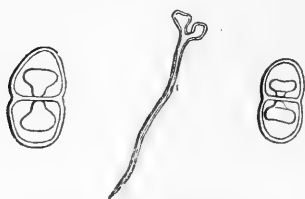


Fig. 6. *Physcia tenella*
var. *leptalea* (Ach.).

specimen examined) containing crystals of oxalate of lime. Paraphyses capitate-incrassate, frequently branched towards the apices. Spores straight or fabiform, only imperceptibly constricted at the septum, a little longer than in the type: $14,5-22,4 \mu$ long, $6,5-10,5 \mu$ thick.

Reaction as in the type.

Hab. On the bark of deciduous trees, especially on *Populus tremula* and *Sorbus Aucuparia*.

Loc. Evidently a southern plant, rare and dispersed in Norway, perhaps more frequent in Western than in Eastern Norway: Hol in Hallingdal (LYNGE), Sogndalsstranden (HAVAAS), Moster and Granvin (HAVAAS and LYNGE).

I have never seen the *Parmelia leptalea* of ACHARIUS, but it evidently represents a plant with adpressed laciniae provided with long, marginal, spreading cilia. In »Methodus« the *leptalea* is separated from the *tenella* by the laciniae which in the former are »apice numquam fornicato-tubulosae«. In Lich Univ. the laciniae are described as »primo adpressae«. ACHARIUS cites »JACQ. Coll. 4, Tab. 6, f. a. b. c.« as a synonym, which delineates an adpressed plant, the laciniae, are, however, broader and coarser than in our plants.

The *tenella* of ACHARIUS is no doubt identical with the *ascendens* of BITTER: »laciniis apice adscendentibus tubuloso-fornicatis.« (Methodus p. 250), as is also the *Lichen hispidus* of WULFEN (JACQ. Coll. IV tab. VI, fig. d, excellent figure). WULFEN considers the erect or ascendent laciniae as stages of age, the laciniae are »in orbem quidem undique procumbentes, . . . cum tempore etiam cucullato-semitubulosi . . . vagisque libere ascendentibus & erectis.« (l. c. p. 248). WULFEN cites *Lichen tenellus* SCOP. Flora Carniolica as a synonym of his *Lichen hispidus*. If this is correct, *Lichen tenellus* SCOP. must be a collective name, not identical with *Physcia tenella* (SCOP.) BITTER.

In Synopsis p. 425 NYLANDER has var. 1 (of *Physcia stellaris*) *leptalea* (ACH. Meth. p. 198) with »laciniis discretis, adpressis, margine fibrilloso-ciliatis«, and var. 2 *tenella* NYL. (syn. *Lichen tenellus* SCOP. Carn. p. 1406): »subsimilis *leptaleae* minori, at fere effusa, laciniis adscendentibus apice saepe fornicatis«. NYLANDER's *tenella* is evidently the same as BITTER's *Ph. tenella* + *Ph. ascendens*.

Our (few) Norwegian specimens of var. *leptalea* agree with Dalmatian plants, labelled »*Physcia leptalea* NYL.

 by ZAHLBRÜCKNER, only that they are more delicate.

I am not convinced of the correctness of the synonyms of BITTER, but I cannot decide the question, not having seen the plants of ACHARIUS and SCOPOLI. I have, however, used BITTER's names, for the reason that I agree with him in his view of the species and because the meaning of his names is clear.

5. *Physcia tribacia* (ACH.?).

an syn. *Lecanora tribacia* ACHARIUS Lichenographia Universalis (1810) p. 415. ACHARIUS Synopsis (1814) p. 191.

Parmelia tribacia SOMMERFELT Supplementum Florae Lappon. (1826) p. 109.

Parmelia pulverulenta var. *dimidiata* ARNOLD Die Lich. des fränk. Jura. Flora (1864) p. 594.

Physcia albinea var. *dimidiata* NYLANDER Observata lichenologica in Pyrenaeis orientalibus. Flora (1872) p. 426.

Physcia (stellaris) trib(r)acia TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 140 (? Thallus KOH⁺). WAINIO Adjumenta I (1881) p. 135. WAINIO Lichenes in viciniis . . . Pitlekai. Arkiv för Botanik vol. VIII No. IV (1909) p. 68.

Physcia dimidiata NYLANDER Addenda nova. Observationes. Flora (1881) p. 537. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 162. HARMAND Lichens de France (1909) p. 626.

Parmelia dimidiata ARNOLD Lich. fränk. Jura Flora 1884, p. 170. ARNOLD Zur Lichenen-Flora von München. Ber. d. Bayr. Bot. Ges. I. (1891) p. 33.

EXSIC. ARNOLD 272 (*Parmelia pulverulenta* SCHREB. var. *grisea* LAM.), 1367 (*Parmelia dimidiata* ARN.) MALME Lich. Suec. 156 (*Physcia tribacia* (ACH.) NYL.).

Tab. II, fig. 3.

HARMAND and other lichenologists distinguish between *Ph. dimidiata* NYL. Flora 1881 p. 537, and *Ph. tribacia* NYL. Flora 1874, p. 307, the former species having a »cortex inférieur à hyphes grêles, dirigés généralement dans le sens de la surface et ne se distinguant guère de la couche

médullaire que par un tissu plus dense», in the latter species »les deux cortex sont en plectenchyme assez regulier«. I have examined the plants of ARNOLD and HARMAND, and recognize the structure of the lower cortex as a sufficient distinguishing character between the two species.

A plectenchymatous lower cortex is never found in Norwegian plants; they belong exclusively to the *Physcia dimidiata* (sensu HARMAND). But there is a great confusion respecting the names, some authors using the name »*dimidiata*« and others the name »*tribacia*« for our species.

I have not seen the plants of ACHARIUS, and cannot decide whether they belong to the one or the other of the above mentioned species or whether they represent a mixture of both of them. — *Parmelia tribacia* is absent in SOMMERFELT's herbarium and cannot therefore be identified from his plants. But there can be no doubt that it must have been identical with our species, that is so frequent in Norway, and not with the other, otherwise never recorded from our country. It is also probable that SOMMERFELT's plant was not a mixture, but the pure species, described here. If therefore *Lecanora tribacia* ACH. should be a mixture, we can fall back on the name of SOMMERFELT (1826) as the starting point for the nomination of our species.

It is evident from the description by WAINIO that his *Physcia stellaris* * *tribacia* in Adjumenta and in his Pitlekai paper is identical with ours, as is also MALMES plants which I have examined. WAINIO has had access to the ACHARIAN herb. in Helsingfors, and if the ACHARIAN plants should not have been identical with the Scandinavian ones, he would surely have elucidated the question.

Thallus growing in middle-sized rosettes, 2—4 (5) cm. in diam., but inclined to grow in dense clusters, covering larger areas; it is loosely fixed to the substratum. Laciniae more or less ascendent, at the circumference slightly appressed. They are contiguous or imbricate, originally narrow (0,5—1 mm.), in age broader (1—2 mm.), closely imbricate or even panniform. Laciniae multifid, repeatedly deeply incise, furcate or pinnate with undulate or crenate contours, towards the apex from slightly widened to flabelliform. The short lateral branches sorediate at their apices, soredia initiating at the limit between the upper and the lower cortex and at the adjacent parts of the lower cortex, rarely at those of the upper side. Gradually the sorediate apices become ascendant or even incurved, exposing the soredia to wind and air (facilitating their dissemination). Soredia in age expands along the margins, abbreviating the laciniae and occasionally transforming them into a pulvi-

nate mass of sorediate, panniform, short, broad scales. Thallus very fragile. Laciniae more or less convex, of a chalky lustre, without or rarely with few and scattered marginal cilia, minutely rugulose and albomaculate, colour white or whitish-grey, moistened almost unaltered (only a faint tinge of green at the soredia and more distinct white spots). Lower side uncoloured or pale whitish-grey with few, scattered rhizines of the same or a somewhat darker colour.

Thallus covered with a very irregular amorphous, uncoloured stratum, in places breaking up to an insperse mass. Upper cortex from 0 (soredia) to 40—50 or even 140 μ thick, at the exterior part (13—25 μ) greyish. opaque, with very indistinct hyphae, otherwise uncoloured with distinct hyphae. Hyphae plectenchymatous, more or less perpendicular to the surface, especially at the exterior part, very constrictedly septate, thin (3—5 μ) and thin-walled. Gonidia disposed in large, incontinuous glomeruli, under and in the upper cortex, also in places where soredia are not formed; the distance from the outermost soredia to the surface is accordingly very variable. In appressed laciniae the gonidia are only found within the upper cortex (normal position), in ascendant ones quite as much within either cortex. Medulla white, gradually transformed into the lower cortex which has thicker and more densely interlaced hyphae than the medulla. They are not plectenchymatous, their direction is indeterminate, the majority of them more or less parallel to the surface. Rhizinae 80—105 μ thick.

Apothecia very rare, at least in this country. If developed they are crowded, orbicular or angular, 1—1.5, rarely 2 mm. in diameter. Margin entire or crenate. Receptacle (and margin) frequently sorediate, it is without rhizinae, uniformly coloured (pale); cortex 0—100 (—140) μ thick, with a tinge of grey at the surface, otherwise uncoloured. The plectenchymatous structure less developed than in the upper thalline cortex, hyphae perpendicular to the surface, rather thick-walled, constrictedly septate. Gonidia crowded in the margin and within the whole cortex, also though less numerous under the hypothecium. Hypothecium uncoloured, thick: 50—60 μ . Disc plane, white, very pruinose. Hymenium covered with an uncoloured, amorphous, broken stratum, occasionally containing crystals of oxalate of lime (CaC_2O_4); hymenium 80—100 μ thick, at the exterior part (16—25 μ) dark brownish-red, otherwise uncoloured. Paraphyses at their apices capitato — or clavato — incrassate and distinctly constrictedly septate, unbranched or furcate, or with a few short lateral branches. Asci 60—75 μ long, 15—20 μ thick, well developed, octosporous. Spores (in all the apothecia examined) poorly developed, either entirely

wanting or shrunk and morbid, of a rather constant size, but variable exterior: straight or somewhat fabiform, ellipsoidal or with one contour somewhat flattened, they are rounded at the ends and not constricted at the septum. Cell room rounded, rarely angular, canal indistinct. Colour greyish-brown, normal spores rather translucent. Size 15—20 (23,6) μ long, 8,4—11 μ thick.

Pycnides rare, fertile ones very rare, they are orbicular or later flattened, size 120—160 μ in diam. In young, fertile pycnides the perifulcrum and the adjacent parts of the cortex are black about the ostium, otherwise the perithecium is pale, greyish or greyish-brown, in age dark. Pycnospores straight, cylindrical or narrowly fusiform, 2—4 μ long.

React. No colouring by CaCl_2O_2 , cortex yellow, medulla uncoloured by KOH¹. Hymenium first blue by J, then at once sordid red, asci subsistently blue. (On account of the very numerous asci the change of colour is easily overseen in thick sections).

Hab. The habitats of this species is entirely determined by its extreme need of Nitrogen. In the mountains it is an ornithocoprophilous species, found everywhere on large stones, prominent rocks &c., where the birds like to rest, associated with the never-absent *Xanthoria lychnea*, also with *Ramalina strepsilis*, *Parmelia sulcata* and other species. It is frequent on roadside curb-stones (Norw. »stabbesten«), also at the shores of lakes where organic material is deposited during flood-time, on the stone walls under stables &c. Also frequent on suitable wood if the supply of nitrogen is sufficient: wood-fences along the roads, on eaves of birch-bark, on stables (lower part), and in secluded places of different kinds in the country. One of the few *Physciae*, found on *Betula*.

Loc. Curiously enough this conspicuous species has been overlooked by most collectors in our country, and its distribution therefore is insufficiently known. It is not frequent (or overlooked) in the lowlands, but frequent in subalpine positions and very abundant on the mountains; it ascends as high as a Lichen can grow, almost to the eternal snow. There was only one specimen in the herbarium from other collectors, but I have found it almost everywhere on my travels in Norway: Continuously distributed in Eastern Norway from Røros along the lake Fæmunden, Engerdalen and Trysil to Rena, also at Minne. Central Norway: Dovre (ZETTERSTEDT, hb. Ups.); continuously distributed along the Bergen railway, investigated from Hol to Voss: Hol, Gjeilo, Finse, Mjølfjell, Voss. Recorded from Eide at the inner end of the Hardangerfjord near the quay,

¹ There is, however, a specimen from Assebakte, Karasjok in Finmarken with a positive medullary reaction.

and from Midt-Hordland: Fusa (LILLEFOSSE), Stat (HAVAAS). Trondhjem: Sorgenfri (on Betula, LYNGE). The »*Parmelia tribacia*« of SOMMERFELT¹ from Saltdalen is absent in his herb., but the description agrees with this species. In the Tromsø and Finmarken districts in Northern Norway it is evidently frequent everywhere: along the coast at Ibbestad, Malangen, Tromsø, Sørkjosen, and Honningsvåg at places where fish is dried, also at Sjaaholmen in Varanger (TH. FRIES s. n. »*Ph. stellaris* (L.) NYL. in formam *adscendentem* transiens«, Herb. Upsala); in the interior abundant on the mountains of Maalselven, Bardo, Dividalen, Lyngen, and Nordreisen, abundant along the road from Lakselv over Skoganvarre and Natvand to Karasjok, and at Assebakte in the Karasjok valley (LYNGE).

Old plants of *Ph. tenella* and *Ph. tribacia* are sometimes convergent. *Ph. tribacia* has broader and shorter, more crenate and lacerate, less ascendant, and more compactly imbricate laciniae.

6. *Physcia pulverulenta* (SCHREB.) NYL.

(var. *allochroa* (EHRH.) TH. FR.)

Lichen pulverulentus SCHREBER Spicil. Fl. Lips. (1771) p. 128. HOFFMANN Enumeratio (1784) p. 76, tab. XII, fig. 2. ACHARIUS Prodrum (1798) p. 112.

Lichen omphalodes WULFEN apud JACQUIN, Collectanea vol. II (1788) p. 196, tab. XV, fig. 2 a et b.

Parmelia pulverulenta ACHARIUS Methodus (1803) p. 210, Lich. Univ. (1810) p. 473, Synopsis (1814) p. 214. KOERBER Syst. Lich. Germ. (1855) p. 86.

Physcia pulverulenta NYLANDER Prodrum (1856) p. (308), Synopsis (1860) p. 419. TH. FRIES Lich. Arct. (1860) p. 62. NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 109. DEICHMANN BRANTH og ROSTRUP: Lichenes Daniae (1869) p. 64. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 136. WAINIO Adju-menta I (1881) p. 131. HUE Addenda Nova (1886) p. 51, Lich. Exot. (1892) p. 112. CROMBIE Brit. Lich. (1894) p. 305. HUE Lich. Extra-Eur. (1900) p. 65. DALLA TORRE et SARNTHEIM Flechten v. Tirol (1902) p. 155. ELENKIN Lich. Ross. Med. (1907) tab. V fig. 7. OLIVIER Lich. d'Eur. I (1907) p. 235. HARMAND Lich. France (1909) p. 632. LYNGE Busk- og bladlaver (1910) p. 103. SANDSTEDT Flechten des n. w. deutschen Tieflandes (1912) p. 236.

¹ SOMMERFELT Supplementum p. 109.

Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1916. No. 8.

EXSIC. CLAUDEL et HARMAND Lich. Gall. praecip. 492. FLOERKE Deutsche Flechten 172. FRIES Lich. Suec. 76 (approaches f. *angustata*). FUNCK Crypt. Gew. ed. II, 110. HAVAAS Lich. Norv. 107 (narrow laciniae, approaches f. *angustata*). HEPP Flechten Europas 874 (with good drawing of spores). LEIGHTON Lich. Brit. 49. MIGULA Kryptogamen 13. NORRLINN et NYLANDER 212. RABENHORST Lich. Eur. 96. STENHAMMAR Lich. Suec. 72.

Thallus moderate or large, orbicular, diam. up to 12—13 cm., firm, closely appressed. Rhizinae black, long, penicillately branched or furcate. Laciniae plane and smooth, elongate, narrow: ca. 1 mm. broad, rounded, truncate or emarginate and widened at their ends, otherwise equally broad. Laciniae contiguous or (usually closely) imbricate, multifido-laciniate or repeatedly di- or trichotomously divided with acute angles. The central part of the thallus frequently sprinkled with or even covered by numerous short, undivided or slightly branched narrowly fixed, secondary laciniae. Thallus opaque, without isidia or soredia, but more or less albo-pruinose, especially at the circumference, and on the secondary laciniae, sometimes on the whole thallus. The colour from greyish, brown to nut-brown, sometimes with a tinge of lilac, moistened apple-green, under side black.

Thallus covered with a colourless, amorphous stratum of varying thickness, which later breaks up and forms the pruina. Cortex at the surface yellowish-brown, otherwise uncoloured, 40—80 μ thick, cortical hyphae 5—7 μ thick, distinctly septate, not plectenchymatous, of indeterminate direction, but many of them more or less perpendicular to the surface, at least at the exterior part. Cortical hyphae sometimes growing out as hair-like, pellucid emergences. Gonidia glomerate in a continuous stratum of varying distance from the surface, at times very near it. Medulla white, 130—190 μ thick; its hyphae 3—5 μ thick, loosely interlaced, more or less parallel to the surface, and gradually transformed into the lower cortex. Lower cortex in the inner part uncoloured, otherwise black or brownish-black, 30—50 (80) μ thick.

Apothecia numerous, usually scattered and rounded, diam. 3—5 mm., or crowded and angular, owing to mutual pressure. Margin thick, persistent, entire or more frequently crenate or more or less crowned by thalline lacinuli. Receptacle rugose, black around the centre, otherwise yellowish-grey, without rhizinae. Cortex from 20 (margin) to 200 (centre) μ thick, exterior central part black, otherwise almost uncoloured. Hyphae thick, perpendicular to the surface with small interstices. Gonidia crowded in the margin, numerous within the thin cortical stratum,

very few under the hypothecium, scarcely scattered in the medulla. Disc plane, whitish or bluish-white pruinose, or naked, black or dark brown. Hypothecium pale yellow, up to $50-60\mu$ thick, plectenchymatous. Hymenium covered by a densely inspersed, amorphous, uncoloured stratum. Hymenium at the exterior part brown or reddish-brown, otherwise uncoloured and not inspersed, $130-230\mu$ thick. Paraphyses separating easily, usually undivided, occasionally branched, near their apices indistinctly septate, equally broad or slightly clavato-incrassato above ($3-5\mu$). Asci broadly clavate, $110-140\mu$ long, $26-35\mu$ broad, octosporous. Spores obliquely biseriate, broadly rounded at their ends, straight and only slightly constricted, rarely slightly fabiform, in which case a little more constricted at the septum. Young spores have a small angular lumen and a distinct pore-canal; during maturation the lumen becomes more rounded and the cell wall thinner. Colour dark greyish-brown, at last the spore becomes almost black and opaque. *The breadth is always more than half the length*, the size $24-36\mu$ long, $14,6-20,2\mu$ broad.



Fig. 7. *Physcia pulverulenta* var. *allochroa* (Ehrh.) Th. Fr.

Pycnides numerous, but easily overlooked, owing to the entirely uncoloured perifulcrum. They are large: $240-320\mu$ high and $240-250\mu$ broad. Pycnoconidia cylindrical, straight or slightly curved, $4-6\mu$ long.

Reaction: Cortex and medulla uncoloured by KOH as well as by CaCl_2O_2 . Hymenium first blue, then vinous by J.

Hab. The var. *allochroa* is distinctly a lowland species, not known higher than 600 meters above sea level (Hol), and very rare indeed at that elevation. It requires air and light, and is found on the bark of large trees in open situations (avenue-trees, isolated groups of *Fraxinus*, *Populus*, *Alnus*, *Acer*, *Tilia* — not on *Betula*). It is very rarely found on stone (Moster, moist Atlantic climate).

It is a species chiefly of south-eastern distribution. There is hardly any *Physcia* more frequent about the Kristiania-fjord. It is much less frequent along the southern and western coast and especially at the inland end of the great western fjords. I have not seen quite typical states north of Trondhjem (Drontheim). In Northern Norway it is replaced by *angustata*-forms.

Loc. Numerous habitats around Kristiania (M. N. BLYTT, N. LUND, N. G. MOE), in old times also from the town itself, where the smoke has

now made its existence impossible. Also from numerous stations on the south-eastern lowland: Eidsvold (LAUDER LINDSAY), Ringebu (SOMMERFELT), Helgøen, Brandbu, and Minne (LYNGE), Aarnes (HOCH), Sundvolden (HAVAAS, Modum (MOE), Norderhov (NORMAN), Hersjøen, Aas (LYNGE), Skien (HOCH). It cannot be frequent in the great valleys of central Southern Norway, for it is only recorded from Hol (Hallingdal, LYNGE). Along the south coast recorded only from Dybvaaag (near Lyngør, LYNGE), along the west coast here and there on old trees, and also on rocks (Moster, HAVAAS). Rare in Hardanger: Strandebarne (LILLEFOSSE), Eide (HAVAAS), and in Sogn: Hafslo (HAVAAS). At Voss it is found abundantly on deciduous trees in a forest of *Picea excelsa*, a habitat of several eastern plants, and at Graasiden (LYNGE). Near Trondhjem (Drontheim) at Ilsviken (KINDT) and Sorgenfri (OXAAL and LYNGE).

I have neither seen the plants from »Nordlandia meridionalis« nor from Alten, mentioned by TH. FRIES¹, but I suppose them to belong to var. *angustata*.

f. *turgida* SCHAEER.

Parmelia pulverulenta δ *turgida* SCHAEERER Enumeratio critica (1850) p. 38.

Central laciniae turgid, small, papillate or verrucose, peripheral laciniae broad and flat. Thallus without pruina, colour nut-brown or greyish-brown.

A form not very noteworthy, closely related to var. *allochroa*.

Saltdalen (SOMMERFELT, s. n. *Parmelia venusta* β. *hybrida* ACH. and *Imbricaria* γ: *Parmelia aipolia* β *cercidia* ACH.) Near Kristiania: Tveten (LYNGE).

var. *angustata* (HOFFM.) NYL.

Lichen angustatus HOFFMANN Enumeratio (1784) p. 77, tab. XI, fig. 2.

Parmelia pulverulenta var. *angustata* ACHARIUS. Lich. Univ. (1810) p. 474, Synopsis (1814) p. 214. KOERBER Syst. Lich. Germ. (1855) p. 87.

Parmelia pulverulenta var. *angustata* NYLANDER, Synopsis (1858—60) p. 420, Lich. Scand. (1861) p. 110. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 137. CROMBIE Brit. Lich. (1894) p. 307. HUE Lich. Extra-Eur. (1900) p. 66. OLIVIER Lich. d'Eur. I (1907) p. 236. HARMAND Lich. France (1909) p. 634.

¹ Lich. Scand p. 137.

EXSIC. MALME Lich. Suec. 180.

Tab. II, fig. 4.

Differs from var. *allochroa* in having long, narrow laciniae, which are dichotomously and more divaricately branched, entirely discrete or only contiguous at the apices. Laciniae continuous from the centre to the circumference. Colour deep nut-brown or greyish-brown, moistened greenish. The laciniae may be somewhat shining; they are pruinose, especially at the apices, pruina white or frequently with a tinge of violet. Owing to the divaricate branching of the laciniae the thallus is seen resting on a cushion of conspicuous, long, thickly branched, black rhizinae.

Apothecia not rare, usually pruinose, but often naked (even in the same specimen), with thin usually entire margin, without or (rarely) with folioli.

Otherwise as in the type and connected with it by innumerable intermediate states with shorter, more or less contiguous laciniae. The colour is probably the best criterion.

»Typical« states are frequent in Northern Norway — mixed with the intermediate states — on the smooth bark of *Alnus incana* along the rivers: Lyngen (Kitdalen, Lulle, and Lyngseidet, LYNGE). Maalselven (Solli, Likkavarre, Strømsmo, LYNGE); from Saltdalen (hb. SOMMERRFELT). Typical states are not frequent in Southern Norway, but intermediate states are often seen. Norderhov (hb. NORMAN), Minne near Eidsvold (LYNGE), near Kristiania (Kolsaas and Leangen, LYNGE). Western Norway: Voss (Brynsbro, HAVAAS).

f. *superfusa* A. ZAHLBR.

Physcia pulverulenta f. *superfusa* A. ZAHLBR. Krypt. Exsic. (1909) no. 1670. HARMAND Lich. France (1909) p. 634.

Tab. II fig. 1.

Differs from var. *angustata* in having still longer and narrower laciniae, which are entirely covered by a white pruina; laciniae dichotomously and divaricately branched.

Specimens from Northern Norway (Strømsmo in Bardo, LYNGE) agree entirely with the authentic specimens of ZAHLBRUCKNER; they are found on the smooth bark of *Sorbus Aucuparia* and *Alnus incana*, associated

with var. *angustata*. Less pruinose states, intermediate between f. *superfusa* and var. *angustata*, are known from Minne near Eidsvold and Kolsaas near Kristiania (LYNGE). — It has a wide distribution: Crimea (MERESCHKOWSKY), Steiermark (ZAHLEBRUCKNER), France (HARMAND), and Norway.

var. *argyphaea* (ACH.) NYL.

Parmelia pulverulenta var. *argyphaea* ACHARIUS. Lich. Univ. (1810). p. 474, Synopsis (1814) p. 214.

Parmelia pulverulenta var. *argyphaea* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 109. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 137. CROMBIE Brit. Lich. (1894) p. 306. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 156. OLIVIER Lich. d'Eur. I (1907) p. 236. HARMAND Lich. France (1909) p. 634.

EXSIC. ANZI Lich. Ital. sup. 122 (not 123 »var. *argyphaea* f. *polita* FLW.«). SCHAER. Lich. Helv. 356 (s. n. *Parmelia pulverulenta* α *allochroa* α. *corticola* SCHAER.).

Differs from var. *allochroa* in having firmer closely imbricate, short laciniae with widened apices, and especially by the entirely albo-pruinose thallus and apothecia.

I have seen entirely milk-white specimens from Southern Europe. No such specimens have hitherto been detected in Norway, but several of the *allochroa*-specimens approach it closely. A fertile muscicolous specimen from Lyngseidet in Northern Norway (LYNGE) apparently belongs to f. *argyphaea*; its exterior approaches *Ph. muscigena*, but the chemical reaction of the hymenium is »J first blue, then immediately sordid vinous red«. —

f. *venusta* (ACH.) NYL.

Parmelia venusta ACHARIUS Methodus (1803) p. 211, et tab. VIII, fig. 5, Lich. Univ. (1810) p. 475.

Physcia venusta (ACH.) NYL. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 157.

Physcia pulverulenta var. *venusta*. NYLANDER Prodrum (1857) p. 308. Synopsis (1858—60) p. 421. Lich. Scand. (1861) p. 110. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 138. HUE Lich. Exot. (1892) p. 112 (as subspecies).

CROMBIE Brit. Lich. (1894) p. 308 (as subspecies). HARMAND Lich. France (1909) p. 635. LETTAU Lich. Thür. (1913) p. 255.

The margin of the apothecia crowned by numerous short or long folioli. Thallus without or only with little pruina; the margin of the laciniae more or less crenate or incised. Colour cervine or cervine greyish.

Our herbarium possesses one specimen of f. *venusta* from Croatia, collected by BAUMGARTNER, which is entirely conformable to the description of ACHARIUS. The margin of the laciniae is so incised that the whole thallus acquires a microphylline appearance and the apothecia are almost hidden in the crown of folioli. Such specimens are unknown in Norway. — Mr. BAUMGARTNER has informed me that he cannot regard the *venusta* as a proper species, and I am of the same opinion.

Specimens of var. *allochroa* with more or less crowned apothecia and nearly epruinose laciniae are frequent in Norway, and some of them are so conspicuously crowned that they might be referred to f. *venusta*, (Mosterhavn, HAVAAS and LYNGE), but all intermediate states are found.

NYLANDER found a »stratum thalli corticale cellulosum«¹. Our specimen from Croatia has a cortex similar in structure to that of the typical *Ph. pulverulenta*.

7. *Physcia muscigena* (ACH.) NYL.

Parmelia muscigena ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 473. Synopsis (1814) p. 212.

Lichen muscigenus WAHLENBERG Flora Lapp. (1812) p. 422.

Physcia pulverulenta var. *muscigena* NYLANDER Synopsis I (1860) p. 420. TH. FRIES Lich. Arct. (1860) p. 63. NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 110. KINDT Bidrag til Kundskab om Trondhjems Lavvegetation. Kgl. Vid. Selsk. Skr. (1880, edit. 1881) p. 29. HARMAND Lich. France (1909) p. 636. LYNGE Busk- og blad-laver Berg. Mus. Aarb. (1910) no. 9 p. 104.

Physcia pulverulenta subsp. *muscigena* WAINIO Adjumenta I (1881) p. 131. ARNOLD Jura (1885) p. 60. CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 309.

Physcia muscigena NYLANDER Prodomus Lich. Gall. (1857) p. 308. DALLA TORRE et SARNTH. Die Flechten von Tirol (1902) p. 157.

¹ NYLANDER Synopsis I. c.

EXSIC. ANZI Lang. 54 B, ANZI Lich. Ven. 21, ARNOLD 64 a, HEPP 875, SCHAEER. 486.

Thallus up to 12—13 cm. large, fragile, easily loosened from the substratum. Laciniae imbricate, at the circumference usually slightly appressed, in the centre more or less ascending. They vary: short and broad (to 3—4 mm. broad) laciniae, ascending even at the circumference, with their ends widened like a fan, profoundly incised with crenate lacinuli, — or long and narrow (0,5—0,7 mm.), plane, multifid, dior trichotomously branched, with rounded or truncate ends. More rarely the laciniae are short and narrow to filiform (0,2—0,5 mm. broad), multifid, ascending or erect, closely imbricate or even panniform. Surface opaque, smooth, without soredia, usually without (in var. *isidiata* m. with) isidia. Thallus with white, caesious, or bluish violet pruina, either only at the ends of the laciniae or over the whole surface. Colour brownish, more or less dark chestnut-brown or greyish-brown (varies also with the pruina), moistened with a distinct tinge of green. Below black, paler at the circumference (sometimes the pale part is rather broad), covered by numerous, long, branched black rhizinae, 40—80 μ thick at their base.

Thallus covered by a colourless, very insperse, 8—22 μ thick stratum, which forms the pruina. Upper cortex 10—45, usually 20—30 μ thick. It is not plectenchymatous, its hyphae are very entangled, more or less perpendicular to the surface, they are constrictedly septate and have a relatively thick cell wall. Gonidia crowded in glomeruli sometimes only covered by the amorphous stratum, usually deeper in the thallus. Medulla white, 100—160 μ thick. Lower cortex black or brownish-black, 25—40 μ thick.

Apothecia are not frequent. They are sessile, scattered and orbicular with a diam. of 3—5 mm., sometimes crowded and angulose. Margin thick persistent, entire or crenate, frequently with folioli which are sometimes so numerous and long that the apothecia look immersed in the thallus. Receptacle about the centre black, its cortex 200—220 μ thick, paler and much thinner at the circumference, built of pachydermatous hyphae perpendicular to the surface. Gonidia crowded in the margin of the apothecia within the thin cortex, few and scattered in the medulla, absent within the black cortex. Disc plane, black, more or less pruinose. Hypothecium pale, 20—50 μ thick. Hymenium 100—140 μ thick, at the exterior part more or less dark brown, very insperse, otherwise uncoloured and not insperse. Paraphyses at their ends always clavately incrassate (4—5 μ)

and constrictedly septate; they are undivided, or sometimes with few short branches at the exterior part. The asci vary: long and narrow ($90-125\ \mu$ long, $18-22\ \mu$ broad), or short and broad ($80-90 \times 27-30\ \mu$), always octosporous. Spores obliquely biseriate more or less unto very constricted at the septum, rounded, rarely slightly apiculate at the ends, cell room rounded or rarely angulose, diaphragma thin in ripe spores. Spores narrower than in *Ph. pulverulenta*: The breadth is seldom larger than half the length: (19) $22-29$ (33) μ long, $10,5-14,6$ (16) μ broad.

Pycnides are not frequent; they are easily overlooked owing to the entirely uncoloured perifulcrum. They are globose with a slightly prominent ostium. Pycnoconidia straight, cylindrical, rounded at the ends, $3,5-5\ \mu$ long.

Reaction. Cortex and medulla uncoloured by KOH as well as by CaCl_2O_2 . Hymenium persistently blue with J.

Hab. *Physcia muscigena* is found on mossy rocks, especially in alpine positions, also on bare stone. It prefers schistose or chalky substratum. In Southern Norway it descends to the sea level only on such substratum; in Northern Norway it is equally frequent at all elevations.

Loc. Near Kristiania: St. Hanshaugen (MOE, 1866, now destroyed, and Snarøen (LYNGE) on silurian strata near the sea. Central lowlands not frequently: Ringeby (SOMMERFELT), south-eastern valleys very frequent along the elevated valleysides and on the mountains: Tønset (LYNGE), Otta (HAVAAS), Vaage (SOMMERFELT), Lom (NORMAN), Otta (TH. FRIES), Slidre (SOMMERFELT); it is also very frequent along the central high mountains from Dovre (several loc., SOMMERFELT, M. N. BLYTT, LAUDER LINDSAY, and others) over Finse (LYNGE) to Hardangervidda (several loc., HAVAAS). Not known from the lowlands of Western Norway, not found in Granvin in Hardanger (HAVAAS), but frequently on the western mountains (HAVAAS). Recorded from Sundalen (several loc., HAVAAS). There is only one station in the poorly explored Trondhjem (Drontheim) district, Ladehammarn, on moss (KINDT); not recorded (but certainly present) from Southern Nordland, which has been still less investigated. North of Salten (SOMMERFELT) it is frequent in suitable places, evidently more frequent or perhaps better explored — along the coast than in the interior: Tromsø amt along the coast: Gibostad, Malangen (LYNGE), Fløifjeld (HAVAAS), Skjærvø (NORMAN), in the interior: Sollitind (LYNGE); Finnmarkens amt:

Alten (several places, M. N. BLYTT and others, Renøen (NORMAN), Vadsø (HAVAAS), Mortensnes (TH. FRIES), and in the interior: Børselv (NORMAN), and Skoganvarre (LYNGE).

Physcia muscigena is a very variable plant. The variation of the laciniae has been described above. The colour of the lower side is usually black, but varieties with pale lower side have been described (f. *lenta* ACH., and f. *squarrosa* ACH.). In our herbarium there are several specimens in which the appressed laciniae at the circumference are black with the exception of a very narrow apical zone, whereas the central erect laciniae are pale, either persistently or at least for a long time. The formation of the black colour is evidently hindered by strong insolation. — ACHARIUS writes »apotheciis . . . margine integer«¹. In reality the apothecia are nearly always crenate or even appendiculate.

Ph. muscigena is well separated from *Ph. pulverulenta* by the smaller, narrower and more constricted spores, by the J. reaction of the hymenium, as well as by its ascending laciniae and its peculiar habitus. Its habitus is faithfully preserved even when growing on maritime rocks in Southern Norway.

Several varieties have been described, but they are connected with the type by many intermediate states. — I have not seen f. *minuta* WAIN. (»Thallus minor, laciniis brevioribus et angustioribus, circ. 0,75—0,33 mm. latis, planis vel convexiusculis, rhizinis minus evolutis«)². A specimen from Dovre (»*Parmelia aquila* c. *stippea* ACH.«, hb. SOMRFT.) probably belongs to f. *minuta* WAIN.

f. *lenta* (Ach.).

Parmelia pulverulenta β *lenta* ACH. Lich. Univ. (1810) p. 473.

Physcia pulverulenta var. *lenta* ACH. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 138. *Ph. pulv.* var. *muscigena* f. *lenta* ACH. HARMAND Lich. France (1909) p. 636. *Ph. pulv.* * *muscigena* f. *lenta* ACH. WAINIO. Adjumenta I (1881) p. 132.

According to HARMAND Lich. France p. 637 SCHAEERER Lich. Helv. 486 belongs to the f. *lenta* (ACH.). In our copy of the collection No. 486

¹ Lich. Univ. p. 472.

² Adjumenta I (1881) p. 132.

has a black lower side and narrow elongate laciniae, and cannot be referred to f. *lenta*.

The whole thallus covered with a white or greyish-white pruina; when moistened, the thallus is more or less dark greyish-green. Lower side white, in the central part only more or less dark. Rhizinae scattered, pale or finally dark. Laciniae at first slightly appressed, but during the growth they become more or less ascendent. They are broad and short, deeply incise with rounded ends, the ascendent ones slightly crisp at the margins.

This variety is not frequent in Norway. I have only seen it from Northern Norway: Saltdalen (hb. SOMFT.), and Tromsøen (hb. BLYTT). The specimens were sterile.

f. *squarrosa* (ACH.)

Parmetia muscigena γ *squarrosa* ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 473.

Physcia pulverulenta var. *squarrosa* ACH. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 138.

Exsic. ARNOLD 64 b. KOERBER Lich. sel. Germ. 102. (*Anaptychia ciliaris* γ *humilis* KBR.).

Differs from the type in having erect, more or less closely imbricate to panniform laciniae, which are equally broad or at their ends dilated and crenate. Pruina is found from the ends of the laciniae in various extensions towards the centre. Colour greyish or bluish-violet to greyish-white or white, lower side at least at the ends of the laciniae pale, but it becomes darker towards the central part.

Apothecia as in the type.

f. *squarrosa* is hardly a noteworthy form, connected with the type by numerous intermediate states. It is especially found in Northern Norway. Finmarken: Honningsvåg (HAVAAS) and Skoganvarre (LYNGE), Tromsø amt: Skibotn, Lyngseidet, Tromsøen, Nordbynesset, and Rostavand (LYNGE).

In our copy of KOERBER's exsiccate No. 102 is different from TH. FRIES's specimens of *Ph. pulverulenta* δ *tenuis* (KBR.); these belong to *Ph. constipata*, here treated as a proper species.

var. *isidiata* LYNGE nov. var.

Thallus dense isidiatus. Praeterea ut in typo.

Prope villam urbicam Ulstad par. Lom Norvegiae centralis. Supra muscos in latere rupium, ca. 430 m. s. m. (LYNGE).

The isidia are short, papillose or with one initial branching. Colour deep brown or brownish-violet, thallus covered with a bluish-violet pruina. Laciniae short and broad, appressed to the substratum. The thallus is thinner than usually in *Ph. muscigena*, but the anatomy is the same. The isidia are clad with a thin (9—11 μ thick) cortex, built up of more closely interlaced hyphae than the normal cortex. Lower side black.

The specimen was sterile. Pycnides could not be detected, which is, however, frequently the case with isidiose lichens.

The presence or absence of soredia is in my opinion a mark of importance, which will generally give title to a specific rank. I have here only given it the rank of a variety, because the general appearance (habitus) and the anatomy in nearly every other respect were those of *Ph. muscigena*. I do not know of any two species (petites espèces) differing only in one character. A close investigation will always reveal not one or two but quite a series of distinguishing marks, as is the case with the »petites espèces« of the *Parmelia olivacea*-group.

I can also remember having seen this variety in Karesuando, the most northern parish of Sweden.

8. *Physcia constipata* (NYL.) NORRL. et NYL.

Physcia pulverulenta δ *tenuis* (KBR.) TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 137.

Physcia muscigena var. *constipata* NYLANDER in sched. NORRLIN Berättelse i anledning af en till Torneå Lappmark verkställd naturalhistorisk resa. Not. Sällsk. pro Fauna et Flora Fenn. Förh. vol. XIII (1873) p. 326.

Physcia ulothrix * *subciliaris* NYLANDER in NORRLIN Flora Kareliae Onegensis II (Lichenes). Meddel. Soc. Fauna et Flora Fennica I (1876) p. 20.

Physcia obscura * *constipata* WAINIO Adjumenta I (1881) p. 134.

Physcia constipata OLIVIER Lichens d'Europe I (1907) p. 244 (168).

EXSIC. NORRL. et NYL. Herbarium Lichenum Fenniae no. 218 (1882, s. n. *Physcia constipata*).

TH. FRIES referred his specimens to »*Anaptychia ciliaris* γ *humilis* KBR. Parerga p. 19«. They do not, however, agree with KOERBER Lich. Sel. Germ. no. 102, which is a *Physcia muscigena*, but with NORRL. et NYL. No. 218. — NYLANDER proposed his »*constipata*« as a variety in 1873, as a species in 1882.

Thallus moderate or large, 6—10 cm., very fragile. Laciniae ascendent or erect, closely imbricate or even panniform, but usually free at their apices; they are thin and narrow, lacerato-incise at their apices. Colour greyish or greyish-brown, under side of the same colour or entirely uncoloured. Laciniae smooth, without isidia or soredia, epruinose or (nearly imperceptibly) pruinose at their apices (strong lens). There are some scattered, pale or nearly uncoloured rhizinae along the margin of the laciniae, and very few on the under side.

Upper cortex plectenchymatous, uncoloured, 25—30 μ thick, hyphae distinct, pellucid, constrictedly septate with rounded articuli. Gonidia arranged in a very regular stratum under the upper cortex, also in scattered glomeruli within the lower cortex. Lower cortex uncoloured or only pale brown about the rhizinae, on erect free laciniae distinctly marked out from the medulla, plectenchymatous, and built as the upper cortex, on closely imbricate laciniae only locally plectenchymatous, usually gradually transformed into the medulla, and with hyphae parallel to the surface.

Apothecia not seen.

Pycnides with a prominent ostium, globose, diam. 130—160 μ . Perifulcrum uncoloured or of a pale brown colour, darker at the ostium. Pycnoconidia broadly cylindrical with rounded apices, 3.5—4 μ long.

Reaction: Cortex and medulla uncoloured by KOH as well as by CaCl_2O_2 .

Loc. Central Norway: Gudbrandsdalen between Øien and Kleivstad, Northern: Storviksnæsset in Alten and Ald in Varanger (TH. FRIES s. n. *Physcia pulverulenta* (SCHREB.) NYL. γ *humilis* (KBR.) NYL. The specimens preserved in the botanical museum of Upsala.

I have never seen it in nature, but the pale colour, narrow, lacerate, usually epruinose laciniae with marginal rhizinae entitle it to a specific

rank. In my opinion it approaches *Ph. muscigena* more than *Ph. obscura* — It is found on mossy ground, in the specimens associated with *Ph. muscigena*. Intermediate states have not been observed.

9. *Physcia grisea* (LAM.) A. ZAHLBR.

Lichen griseus LAM. Encycl. Méthod. Botan. vol. III (1789) p. 480.

Lobaria pulveracea HOFFMANN Deutschl. Flora (1796) p. 153.

Lichen pityreus ACHARIUS Prodrumus (1798) p. 124.

Parmelia pityrea ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 483.

Physcia pulverulenta var. *pityrea* NYLANDER Prodrumus (1856) p. 308. NYLANDER Synopsis (1860) p. 420. NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 110. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 136. LYNGE Blad- og busklaver (1910) p. 104.

Physcia pityrea (as subsp.) CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 308.

Physcia farrea f. *pityrea* WAINIO Adjumenta I (1881) p. 132. HARMAND Lich. France (1909) p. 640.

Physcia pulveracea WAINIO Lich. Sibir. merid. (1894) p. 14.

The synonymy of this species is very intricate. According to ZAHLBRUCKNER's Schedae ad Krypt. Exsic. No. 1980 the name of LAMARCK is the valid one.

With the exception of the var. *semifarrea* WAIN. the Norwegian varieties of this species seem to be confluent and very difficult of limitation. It is still more difficult to identify them with the numerous varieties, described by other authors, when authentic specimens are not at our disposal.

Thallus 5—9 cm. large, appressed to the substratum or with ascending or erect laciniae. Laciniae usually (towards the centre always) contiguous or even imbricate, often instructed with short, narrowly affixed secondary laciniae. Laciniae usually not over 5—7 mm. long, only at the circumference distinctly stellate. Thallus without isidia, but sorediate along the sides of the laciniae, on the central ones also at the ends. On old thalli the soredia sometimes cover the whole surface. Soredia white, yellowish-white or greenish. Pruina is always found on the apical part of the laciniae and sometimes spreads over the whole thallus. Colour white, grey, brown or cervine (often determined by the pruina), moistened greenish. The colour of the lower side vary: Entirely uncoloured or uncoloured at the circumference and black only in the centre.

Thallus covered with an amorphous colourless stratum of varying thickness. Upper cortex from 0 (soredia) to 50 or even 75 μ thick; at the exterior part it is more or less dark, otherwise uncoloured. Hyphae spreading like a fan from between the glomerate gonidia, more or less closely interlaced and sometimes almost plectenchymatous; they are 3—5 μ thick, branched, hardly constricted at the distinct septa. Medulla white or sometimes very faintly yellow, with loosely interlaced horizontal hyphae, more or less distinctly marked out from the lower cortex, which also consists of horizontal but more pachydermatous hyphae. The lower cortex uncoloured in young laciniae, in old laciniae its exterior part is at least at the centre locally or extensively coloured dark, dark-brown or even black. Lower cortex 25—50 μ thick, rhizinae branched, diam. up to 130 μ .

Apothecia rare, sessile, but not appressed, diam. up to 3 mm. Margin crenate or even appendiculate, sometimes sorediate, disc pruinose. In some apothecia the gonidia are very numerous, crowded, filling up the whole medulla of the receptacle. Spores frequently with oil drops, 26—34,5 μ long, 14,4—18,5 μ thick.

The form of the spores as well as the other carpological characters as in *Ph. pulverulenta* var. *allochroa*.

React. The yellowish soredia and medulla are coloured more distinctly yellow by KOH. Otherwise cortex as well as white soredia and medulla are neither coloured by KOH nor by CaCl_2O_2 . Hymenium first blue, then at once deep vinous by J.

Ph. grisea includes plants of a very considerable variation. I have tried to describe the varieties in the following manner.

f. *aliphiphora* (ACH.) LYNGE comb. nov.

Parmelia farrea f. *aliphiphora* ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 476.

Physcia ** *farrea* f. *aliphiphora* WAINIO Adjumenta I (1881) p. 132.
HARMAND Lich. France (1909) p. 640.

Exsic. CLAUD. et HARM. Lich. Gall. 495.

Laciniae appressed, contiguous or subdiscrete, narrow, equally broad or slightly widened at the ends, multifid, pinnately or dichotomously branched. Peripheral laciniae sorediate along their sides only and there-

fore relatively long and stellate, central laciniae sorediate also at their ends. The whole thallus covered with white pruina. Colour white or in the central part greyish or yellowish-grey from confluent soredia of that colour, lower side white at the circumference, dark to black towards the centre, with long, much branched rhizinae of the same colour.

Our museum possesses a Finnish specimen, collected by LÂNG, with a herbarium note (by LÂNG) »cum typo Acharii exacte congruens«. It has narrow, elongate, very multifid, subdiscrete white laciniae, the colour of the lower cortex as above described, and quite tomentose from long black rhizinae. The Norwegian specimens are coarser with contiguous laciniae, but otherwise conformable.

Found near Kristiania: Wettre in Asker on *Salix* (LYNGE); and near Minne (LYNGE). Typical states are not frequent, but it is by numerous intermediate states connected with var. *pityrea*. The specimens from Minne are quite conformable to CLAUD. et HARM. Lich. Gall. No. 495 (*Ph. pulverulenta* var. *leucoleiptes* TUCK. f. *argyphaeoides* HARM.

var. *pityrea* (ACH.) LYNGE comb. nov.

Parmelia pityrea ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 483. — I consider this variety to be the »centre«, the type of the species. The other varieties are grouped around it as more or less confluent variations.

Exsic. CLAUD. et HARM. Lich. Gall. 73, FLOERKE Deutsche Lich. 47, FRIES Lich. Suec. 105, HAVAAS Lich. Norv. 456, HEPP Flecht. Eur. 876, MALBR. Lich. Norm. 70, MIGULA Krypt. 120, ZAHLBRUCKNER Krypt. Exsic. 1980.

var. *pityrea* is a coarser plant with contiguous or imbricate laciniae, colour white, greyish-white or grey. Pruina white or greyish white, rarely with a tinge of blue, more or less profusely distributed over the whole thallus. Soredia as in f. *alphiphora*, their colour white or frequently yellowish. Lower side occasionally entirely uncoloured, but usually more or less darkened to black towards the centre.

Found fertile in Norway (Description of the apothecia above).

Hab. Grows on the bark of deciduous trees, but not recorded on *Betula*.

Loc. It is a plant from our south-eastern lowlands, not recorded north of Dovre: Near Kristiania it is frequent: Bryn, Bygdø, Bærum, and Asker (several, stations, LYNGE); Minne near Eidsvold (LYNGE), Toten and Øier (SOMMERFELT s. n. *Parmelia pulverulenta*), Vestfjorddalen in Telemarken (LYNGE), Sell in Gudbrandsdalen (HAVAAS). It is very rare along our western coast (only from Dalsbø on Stat, HAVAAS); in Western Norway it is otherwise only known from Voss (HAVAAS), where many eastern plants occur.

It is a rare thing to find a quite typical var. *pityrea* in Norway. Usually the lower cortex is more or less dark towards the centre. HUE and HARMAND would refer the greater part of our material to var. *leucoleiptes* TUCK.

The soredia are either white or quite as frequently yellowish, and in that case more distinctly yellow by KOH. The medulla is also sometimes (very faintly) yellowish. HARMAND names such plants f. *enteroxanthella*, OLIVIER even raises them to specific rank¹. Yellow soredia occur in all our varieties of *Ph. grisea*. Lichens quite conformable to HARMAND. Lich. Gall. praecip. 268 (*Ph. pityrea* var. *enteroxanthella* HARMAND) are not rare round about Kristiania.

CROMBIE found the thallus of *Ph. virella* suffused with chrysophanic acid and accordingly violet with KOH². I found the same on *Physcia grisea* var. *pityrea* from Stat (HAVAAS).

var. *detersa* (NYL.) LYNGE comb. nov.

Physcia pulverulenta var. *detersa* NYLANDER Synopsis (1860) p. 420. NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 110. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 138.

EXSIC. NORRL. et NYL. Herb. Lich. Fenn. 213.

Thallus middle-sized or larger, diam. up to 8—9 cm. Laciniae appressed, short, only at the circumference distinctly stellate. They are closely contiguous or imbricate, multifid, the narrower ones pinnate, the broader ones widened at the ends like a fan and coarsely crenate or digitate. Thallus smooth, opace or slightly shining at the circumference, without isidia, but sorediate: soredia begin-

¹ HARMAND Catal. Lich. Lorr. p. 231, OLIVIER Lich. Eur. p. 298.

² CROMBIE Brit. Lich. I, p. 320 (f. *flavescens* CROMBIE).

ning along the sides of the laciniae, in central laciniae also at their apices, and sometimes covering the whole surface. Thallus (with us only slightly) pruinose at the apices of the laciniae, pruina whitish or pale bluish. Colour chest-nut brown or cervine, sometimes with a tinge of grey, soredia white or yellowish. Lower side black, rhizinae black (only young rhizinae along the circumference are pale), from undivided to much branched.

Thallus covered with a thin amorphous stratum. Upper cortex with an exterior, brownish or yellowish-brown, equally thick ($14-16\mu$) part, a thicker interior part is uncoloured. The thickness of the cortex is very variable, from 0 (soredia) to 80μ . Its hyphae $4-5\mu$ thick, septate, but only slightly constricted; at the interior part of the cortex they spread irregularly, at the exterior part they are perpendicular to the surface. Gonidia glomerate, of a very variable distance from the surface. Medulla white, lower cortex black, up to 50μ thick.

Apothecia not seen in Norwegian specimens¹. Pycnides not rare, globose or somewhat prominent at the ostium, diam. $130-160\mu$. Perifulcrum dark around the ostium, otherwise uncoloured. Pycnoconidia straight, cylindrical, $3-4\mu$ long.

React. When yellowish, the soredia are coloured more distinctly yellow by KOH. —

The var. *detersa* is rare in Norway, and is only known from our Central Lowlands: Ringeby (hb. SOMMERFELT s. n. »*venusta*« β *hybrida* ACH., *pulverulenta* var. *hybrida* SOMMERFELT), Norderhov (hb. NORMAN), and from Minne, near the railway bridge, at Betula (LYNGE).

HUE considers var. *leucoleiptes* TUCK. and var. *detersa* NYL. as synonymous plants. NYLANDER's plant in Herb. Lich. Fenn. No. 213 is almost epruinose with narrow pinnato-multifid laciniae, whereas TUCKERMAN's plant in Lich. Amer. sept. No. 107 has coarser and very pruinose laciniae. The habitus is different, but these characters are variable in *Physcia*, and it is probable that HUE is right. MERRILL's plant in Lich. Exs. No. 118 is more like our Norwegian ones.

In any case the Norwegian plants can with certainty be referred to var. *detersa* NYL. (Herb. Lich. Fenn. No. 213).

Great importance has been attributed to the colour of the lower side. HUE and after him HARMAND are of opinion that a black lower side is a

¹ According to NYLANDER Synopsis p. 420 the spores are large: $27-44 \times 14-20\mu$.

character of sufficient importance to separate var. *leucoleiptes* from *Ph. grisea* and to refer it to *Ph. pulverulenta*. I do not agree with this view.

In some of the Norwegian specimens the white colour has been preserved over the whole lower face, in others there is a marginal uncoloured zone, whereas the central part is dark. The rhizinae are first coloured, then the adjacent part of the lower cortex, and at last the dark spots become confluent.

ACHARIUS did not attribute much importance to the colour of the lower cortex. His *Parmelia farrea* α^1 is »subtus albido fibrillis fusconigris« and his var. β *alphiphora* of the same species is »subtus atro-tomentoso«. In reality its cortex is also black. — HARMAND is also doubtful, for his f. *brunnea*² has a »face inférieure largement pale, ce n'est que vers la base qu'apparaît le brun ou le brun-noirâtre«, a very correct observation.

After HUE and HARMAND there would be many parallel varieties of *Ph. pulverulenta* and *Ph. grisea*, for almost every one of the *Ph. grisea* varieties here described has specimens with more or less darkened lower face.

It seems to me that such characters are not suited to separate between different species. We shall have a more natural arrangement, if we refer sorediate varieties to *Ph. grisea* and esorediate varieties to *Ph. pulverulenta*. The latter species always has a black lower face, the former a variable colour, in some varieties an entirely — or at least partly — black lower side, in others an uncoloured one.

var. *detersa* is here limited to chestnut or brown plants with a black lower surface. HARMAND's var. *leucoleiptes* also comprises plants with whitish pruinose laciniae.

var. *semifarrea* (WAIN.) LYNGE comb. nov.

Physcia (pulverulenta) ** *farrea* ACHARIUS f. *semifarrea* WAIN. Adju-
menta I (1881) p. 132.

Physcia pulverulenta var. *leucoleiptes* f. *brunnea* HARM. Lich. France
(1909) p. 636.

EXSIC. NORRL. et NYL. Herb. Lich. Fenn. 214. (*Ph. muscigena* ACH.
var. *semifarrea* WAIN.). CLAUD. et HARM. Lich. Gall. 494 (s. n. *Physcia pul-
verulenta* var. *leucoleiptes* f. *brunnea* HARM.). FRIES Lich. Suec. 294. (*Parm.
pityrea farrea*).

¹ Lich. Univ. p. 475.

² Lich. France p. 636.

Laciniae with ascending margin or entirely ascending to erect. They are short, at their apices widened like a fan, rounded and coarsely crenate or irregularly, frequently deeply, incise. Laciniae sorediate along their whole margin, old laciniae sometimes incurved and therefore apparently covered with soredia; soredia white or yellowish. Thallus greyish-brown, brown or (from the pruina) bluish-violet, laciniae at their apices or entirely covered with a pruina of varying colour: white, pale blue or bluish-violet. Lower side pale or even white at the circumference and on the ascending laciniae, otherwise black. Rhizinae of the same colour as the lower side.

Apothecia and pycnides not seen.

This variety is certainly rare in Norway. It is recorded from our northernmost province Finmarken: Østerbotten at the inland end of the Porsanger fjord on mossy rocks near the sea. — These specimens are coarser than those of NORRL. and NYL. and — owing to the pruina — the colour is more bluish-violet instead of brown; but otherwise there is full conformity. — I also refer some specimens from Leangen in Asker near Kristiania to this variety (on mossy old stones). The laciniae are broader and less ascending (more conformable to FRIES Lich. Suec. No. 204 and to CLAUD. et HARM. No. 494), but corticolous specimens often have less ascending laciniae than muscicolous ones.

The plant of CLAUDEL and HARMAND is more delicate than ours, and the laciniae more panniform.

10. *Physcia obscura* (EHRH.) NYL.

Lichen obscurus EHRHART Plantae cryptogamae (1791) no. 177.

Lichen orbicularis HOFFMANN Enumeratio (1784) p. 68, tab. IX, fig. 1 et *Lichen ciliatus* l. c. p. 69, tab. XIV, fig. 1.

Lichen ulothrix et *L. cyclozelis* ACHARIUS Prodrömus (1798) p. 113.

Parmelia ulothrix et *P. cyclozelis* α ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 481—482 (ubi syn.).

Physcia obscura α *orbicularis* et β *ulothrix* TH. FRIES Lich. Arct. (1860) p. 65.

Physcia obscura et var. *ulothrix* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 112. HUE Lich. Extra-Eur. (1900) suite 1, p. 70.

Physcia obscura α *orbicularis* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 142.

Physcia obscura et *Ph. ulothrix* CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 318 et 319.

Physcia orbicularis DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 165.

Physcia obscura f. *chloantha* et var. *cycloselis* et var. *ulothrix* HARMAND Lich. France (1909) p. 643 et 646.

EXSIC. ANZI Lich. Ital. sup. 124 (*Parm. obscura* var. *chloantha* (ACH.)). 127 (*Parm. obscura* f. *ulothrix* (ACH.)). FUNCK Crypt. Gew. 498 (*Parm. ulothrix* ACH.)). HEPP Flecht. Eur. 596 (*Lobaria obscura* α *chloantha* (ACH.)), 597 (*L. obsc.* ε *cycloselis* α *corticola*). MALME Lich. Suec. 309 (*Ph. obscura* (EHRH.) NYL. var. *ciliata* (HOFFM.) WAIN.). SCHAEERER Lich. Helv. 353 p. p. (*Parm. obscura* α *chloantha*), 354 p. p. (*Parm. obscura* γ *orbicularis* SCHAEER.). SOMMERFÉLT Plant. Crypt. Norv. 68 (*Parm. cycloselis* ACH.). STENHAMMAR Lich. Suec. 211 (*Parm. obscura* FR.). TUCKERMAN Lich. Amer. Sept. 87 (*Parm. obscura* β *ulothrix* FR.). ZAHLBRUCKNER Krypt. Exsic. Vindob. 577 (*Ph. obscura* var. *chloantha* NYL.).

Thallus growing in small or middle-sized rosettes, diam. 4—5 cm., appressed or closely appressed to the substratum. Laciniae distinctly stellate, linear, equally broad, 0.5—1 mm. broad, 4—5, rarely up to 10 mm. long, truncate or rounded at the apices, repeatedly — usually divaricately — furcate or multifid. Laciniae discrete or occasionally with somewhat imbricate margins, plane or slightly convex with a smooth surface, without soredia or isidia, opaque, epruinose, at the margin with pale stellate cilia. Colour greyish-brown or dark-brown, lower side black. A cushion of long, highly interlaced, tomentose, usually unbranched rhizinae is seen between the discrete laciniae.

Thallus covered with a thin amorphous, uncoloured stratum. Upper cortex 25—45 (55) μ thick, at the exterior part yellowish or greyish-brown, otherwise uncoloured. Hyphae regular, perpendicular to the surface, constrictedly septate, almost moniliform, cell wall thin or moderately incrassate. Gonidia glomerate, disposed in a somewhat incontinuous stratum under the upper cortex, more rarely in the whole medulla. Medulla white, lower cortex black, 25—40 μ thick, rhizinae ca. 40 μ thick.

Nearly always fertile; apothecia appressed, crowded, orbicular with diam. 1.5—2.5 mm., or angular, due to mutual pressure. Margin of middle thickness, persistent, entire or crenate. Receptacle smooth or rugulose, along the margin of the same colour as the thallus, otherwise black, on the lower side and at the margin with black rhizinae,

varying from short and scattered to very numerous and conspicuous, radiating like a corona, and very rarely failing. Cortex 25—50 μ thick, formed of thick-walled, constrictedly septate hyphae, perpendicular to the surface. Gonidia crowded in irregular clusters within the margin of the receptacle, scattered in the medulla and under the hypothecium, few or absent within the black part of the cortex. Hypothecium formed of thick-walled plectenchymatous hyphae, uncoloured, up to 55 μ thick. Disc brownish or black, moistened persistently brownish black, plane or slightly convex, epruinose. Hymenium covered with an amorphous uncoloured stratum; 80—110 μ thick, at the exterior part yellowish-brown to dark brown, otherwise uncoloured, not insperse. Paraphyses at their tips clavately incrassate and distinctly constrictedly septate, unbranched or with a few short lateral branches near their apices. Asci 60—75 μ long, 16—26 μ thick, octosporous. Spores obliquely biserial, straight, ellipsoid, not constricted at the septum, but occasionally flattened on one side, the radius of one contour being shorter than that of the opposite. Colour greyish-brown, old spores almost opaque. Cell rooms angular, stretched across the spore or sometimes resembling a sand-glass. Septum thick. Spores at least twice as long as thick, size 20—25 μ long, 9,3—12 μ thick.

Pycnides numerous, especially towards the apices of the laciniae, globose or with a slightly protrudent ostium. Perifulcrum dark around the ostium, otherwise uncoloured. Pycnoconidia straight, elliptical, small: 2—3 μ long, 1—1,5 μ thick.

React. Neither cortex nor medulla coloured by KOH or CaCl_2O_2 . Hymenium blue, then at once vinous-red or brownish-red by J.

Hab. On the bark of deciduous trees, especially on *Populus tremula*, very rarely on *Betula*. Norwegian saxicolous specimens not recorded.

Loc. Frequent or even abundant in Southern Norway, recorded as far north as Skoganvarre in Finmarken, but it is rare in Northern Norway. It is most frequent in the lowlands, but it ascends as high as *Populus tremula* (as a tree), in Eastern Norway to about 800 m., in Western Norway to 400—500, rarely to 600 m. above the sea level. On the whole, *Physcia obscura* has about the same distribution in Norway as *Populus tremula*.

Abundant near Kristiania from numerous stations in Aker (MOE), Bærum and Asker (LYNGE), abundant in the south-eastern lowlands: Aarnes (HOCH), Rena (KLER), Minne (LYNGE), Veldre (NORDHAGEN), Lillehammer (JEBE), Vaage (NORMAN), Dovre (ZETTERSTEDT), Norderhov (NORMAN), Brandbu

(LYNGE), Land and Vang (NORMAN), Hol (LYNGE). Evidently frequent along the south and west coast and fjords: Larvik (NORMAN), Granvin and Romsdalen (HAVAAS). Also at Voss (LID) and Mjølfsjell (LYNGE) in Western Norway. Trondhjem: Strinden (KINDT). In Northern Norway: Saltdalen (SOMMERFELT), Kautokeino (NORMAN) and Skoganvarre (LYNGE).

f. *orbicularis* (HOFFM.).

Lichen orbicularis HOFFMANN Enumeratio (1784) p. 68, tab. IX, fig. 1.

Apothecia without a corona of conspicuous rhizinae, rhizinoae only on the under side of the receptacle, rhizinae of the receptacle few or (very rarely in Norwegian specimens) entirely wanting.

f. *ciliata* (HOFFM.).

Lichen ciliatus HOFFMANN Enumeratio (1784) p. 68, tab. XIV, fig. 1.

Lichen, *Parmelia*, *Physcia ulothrix* autorum.

Apothecia with a crown of conspicuous spreading rhizinae.

From HOFFMANN's description it is probable that his *Lichen orbicularis* comprises our forms as well as *Physcia virella*: »foliolis margine verrucosis pulverulentis«, . . . »polline, in humido ex viridi flavescens«. His excellent figure is, however, entirely our f. *orbicularis*.

The »type« of f. *ciliata* has apothecia with a crown of conspicuous stellate, spreading rhizinae. In other apothecia the rhizinae are less numerous, scattered under the receptacle, and for that reason only visible when the lower side of a loosened apothecium is observed through the lens or on a thick section. I have examined the apothecia of more than 100 herbarium specimens, and innumerable plants in nature, only finding a few entirely devoid of rhizinae. There is every intermediate state between »no rhizinae« and the typical »corona«. — The colour varies from pale ash-grey to dark greyish-brown. The variation of the colour has no correlation whatever with the development of the rhizinae.

ACHARIUS separated his »*Lichen ulothrix*« from »*Lichen cyclosclis*« on account of the rhizinoae apothecia of the former species (cfr. Lich. Univ. p. 482). Later authors have followed him, some of them regarding the two as different species, others as two varieties. For the reasons given above, I am only able to look upon them as forms of individual variation.

In our herbarium there are some plants of this tribus which have rather elongate, appressed laciniae, with a few lateral soredia and much the habitus of our *Ph. obscura*. On the other side they approach quite as near to plants which undoubtedly belong to *Ph. virella*. Authors disagree as to the question whether *Ph. obscura* is or is not sorediate. I agree with CROMBIE, describing *Ph. obscura* (and his *Ph. ulothrix*) as esorediate¹, I have accordingly referred the above mentioned plants to *Ph. virella* (juvenile specimens).

Some authors have described a f. *chloantha* SCHAEER. with pale thallus, and reserved the name *cycloselis* for darker coloured plants. These »forms« occur in Norway, the latter most frequently, but they are insignificant and hardly worthy of a name.

II. *Physcia virella* (ACH.).

Lichen virellus ACHARIUS Prodomus (1798) p. 108.

Parmelia virella ACHARIUS Methodus (1803) p. 201.

Lecanora virella ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 414. ACHARIUS Synopsis (1814) p. 191.

Parmelia (*Lichen*) *cycloselis* b. *virella* SOMMERFELT Supplem. Florae Lapon. (1826) p. 109.

Parmelia obscura η *leprosa* SCHAEERER Enumeratio Critica (1850) p. 38.

Anaptychia obscura x *nigricans* MASSALONGO Memorie Lichenographiche (1855) p. 58.

Rinodina virella KOERBER Syst. Lich. Germ. (1855) p. 124.

Rinodina leprosa (SCHAEER.) MASS. KOERBER Parerga Lichenol. (1865) p. 72.

Parmelia obscura var. *virella* TH. FRIES Lich. Arctoi (1860) p. 65. NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 112. TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 142. LEIGHTON Lich. Flora Great Brit. (1879) p. 137. OLIVIER Étude sur les . . . *Physcia* etc. (1894) p. 90. OLIVIER Lichens d'Eur. I (1907) p. 244. HARMAND Lichens de France (1909) p. 645. LYNGE Blad- og busk-laver Berg. Mus. Aarb. 1910, no. 9, p. 101.

Physcia ulothrix var. *virella* CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 320.

Physcia orbicularis (NECK.) TH. FR. c. *virella* DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 166.

¹ CROMBIE Brit. Lich. I, p. 318—319.

KOERBER is of the opinion that the »*Lecanora virella*» of ACHARIUS Synopsis p. 191 is not our plant¹, but he gives no arguments. The descriptions of ACHARIUS quoted agree perfectly with our plant, and TH. FRIES, who has seen the ACHARIAN herb., unhesitatingly accepts the ACHARIAN name.

I have never seen the combination »*Physcia virella*« used in literature. It has been employed in the case of two exsiccates: MALME 158 (anno 1910), and MERESCHKOWSKY 71, 72 (anno 1913).

EXSIC. ANZI Lich. Ital. sup. 126 (*Parm. obscura* var. *virella*) ANZI Lang. 293 (*Parm. obscura* var. *orbicularis* (NECK) SCHAEER.). ARNOLD Lich. Exs. 1368 (*Ph. obscura* var. *virella*). CLAUD. et HARM. Lich. Gall. praec. 180 (*Ph. obscura* var. *ulothrix*), 181 (*Ph. obscura* var. *virella*), 379 (*Ph. obscura* var. *cycloselis* SCHAEER., rhizinoae receptacle). FLOERKE Deutsche Lichenen 94 (*Parm. ulothrix* ACH.). FRIES Lich. Suec. 205 (p. p. s. n. *P. cycloselis*). HEPP Flecht. Eur. 55 (*Lobaria obscura* η *leprosa*, almost crustaceous specimen), 599 supr. inf. (*Lob. obscura* η *virella*). MALME Lich. Suec. 158. MASSALONGO Lich. Ital. 247 (*Squamaria obscura* var. *nigricans* MASS.). MERESCHKOWSKY Lich. Ross. 71, 72. NORRL. et NYL. Herb. Lich. Fenn. 221 (*Ph. ulothrix* var. *sorediosa* NYL.), 222 (*Ph. ulothrix* (ACH.) NYL.). RABENHORST Lich. Eur. 438 (*Rinodina virella*). SCHAEERER Lich. Helv. 355 (*Parm. obscura* ϵ *cycloselis* SCHAEER.), 607 sin. (*Parm. obscura* ξ *virella* SCHAEER.).

Thallus orbicular, small, diam. 1—1.5 cm., but inclined to grow in dense clusters covering larger areas, especially on moist rocks; on even substratum slightly appressed, sometimes almost crustaceous, on uneven more or less spreading or subascendant. Laciniae very short (2—3 mm.), initial laciniae stellate and contiguous, later they become imbricate; they are plane or slightly convex, repeatedly deeply incise with crenate branches. Longitudinal growth quickly checked by apical soredia, sometimes spreading over the whole thallus. Soredia greyish-white, greyish green or occasionally yellowish. Thallus without isidia, opaque, grey or greyish-green, greyish-brown or even dark brown, rarely greyish-white, moistened distinctly green, lower side black, rarely pale or even white at the circumference. Young laciniae with small stellate white cilia at the margin. Rhizinae short, black, usually unbranched, 25—40 μ thick.

¹ Parerga Lichenologica p. 72.

Thallus usually covered by an amorphous uncoloured stratum. Upper cortex up to $40\ \mu$ thick, cortical hyphae distinct, perpendicular to the surface, constrictedly septate, thin-walled with great lumina. Gonidia arranged in a thick irregular, continuous stratum under, occasionally in the cortex. Medulla white. Lower cortex black, $25\text{--}50\ \mu$ thick.

Most frequently sterile, but fertile plants are not rare. Apothecia orbicular, small, diam. $1\text{--}1.5\text{--}(2)$ mm., sessile, loosely affixed. Margin prominent, thick, persistent, entire or crenate, esorediate. Receptacle even or minutely rugose, black around the centre, of the same colour as the thallus towards the circumference, usually without, but occasionally with rhizinae. Cortex $25\text{--}50\ \mu$ thick, its hyphae perpendicular to the surface, thickwalled, constrictedly septate. Gonidia in dense clusters in the margin, and scattered in the whole medulla, especially within the uncoloured parts of the cortex and under the hypothecium, few or entirely absent within the black cortex. Hypothecium up to $55\ \mu$ thick, almost uncoloured, formed of thick-walled densely interlaced plectenchymatous hyphae, arranged tangentially to the hymenium. Disc reddish-brown, plane, epruinose. Hymenium covered with an uncoloured amorphous stratum, which occasionally breaks up into an insperse mass. Hymenium to $105\ \mu$ thick, yellowish-brown at the exterior part, otherwise uncoloured and not insperse. Paraphyses at their tips clavately incrassate, distinctly constrictedly septate, occasionally with some short branches. Asci $52\text{--}65\ \mu$ long, $13\text{--}18\ \mu$ thick, octosporous. Spores obliquely biserial, straight, typically ellipsoidal: not constricted at the septum, rounded at their apices and at least twice as long as they are thick. Colour greyish-brown, old spores almost opaque. Spores with distinct pore canal, septum thick, cell rooms angular, stretched across of the spores, or rounded like a sand-glass. Size $(14\text{--})17\text{--}25\ \mu$ long, $(7\text{--})8\text{--}12\ \mu$ thick.

Pycnides frequent, but rapidly destroyed by the expanding soredia. They protrude slightly at the ostium, and are subglobose, diam. $160\text{--}240\ \mu$. Perifulcrum brownish around the ostium, otherwise uncoloured. Pycnides straight, broadly fusiform or subelliptical, $2\text{--}4\ \mu$ long, $1\text{--}2\ \mu$ thick.

React. Neither cortex nor medulla coloured by KOH or CaCl_2O_2 . Hymenium first blue, then at once vinous red by J.

Hab. On the trunks of deciduous trees (not on *Betula*), and on moist rocks, especially schistose and calcareous. North of Salten only recorded on chalk.

Loc. *Physcia virella* is a lowland species, frequent or even abundant at least as far north as Trondhjem, probably with the exception of our

great south-eastern valleys. Northern limit Ibbestad and Malangen in Tromsø amt.

Abundant about Kristiania: Tøien, Akershus (BLYTT), Næsodden (MOE), Aker, Bærum and Asker (LYNGE; at Leangen on chalk), Haaøen (BLYTT), Drammen (KLÆR), Hakedalen (LYNGE), Minne (also on stone, LYNGE), Modum (MOE), Ringerike: Sundvolden (HAVAAS), Brandbu and Vestfjorddalen (LYNGE), Toten, Ringeby and Vaage (SOMMERFELT), Drivstuen on Dovre (LYNGE). Abundant along the south and west coast, on trees and stone: Larvik (NORMAN), Lyngør (LYNGE) Moster and Granvin (HAVAAS and LYNGE). Voss: Bjørgum, Vangen and Graasiden (LYNGE). Abundant about Trondhjem: Sorgenfri (LYNGE), Frosta (JØRSTAD). Salten: (SOMMERFELT), Steigen (NORMAN). North of Lofoten it is evidently rare, recorded only from maritime chalky rocks at Havnvik in Ibbestad and Nordbynesset in Malangen (LYNGE).

The thallus is sometimes suffused with small yellow patches, coloured violet by KOH, when growing associated with *Xanthoria parietina*. This is due to chrysophanic acid, produced by the said Lichen. Such «forms» are entirely incidental and not entitled to a proper name (f. *flavescens* CROMBIE Brit. Lich. I, p. 320).

Very convex laciniae are occasionally found. We might expect to find pycnides in them, but they are due to a strong growth of the gonidia, accompanied by a corresponding growth of the cortex, which is not — as usual — broken up and soredia formed.

Great importance has been attributed to the black colour of the lower side. It is, indeed, a remarkable, but in my opinion no decisive character. Though not frequently, I have found *Ph. virella* with a pale lower face, especially at the circumference. — Owing to the contiguous or imbricate laciniae the black rhizines are but slightly visible.

In one apothecium I found 6-celled spores of a very varying size: $21-39 \times 9,2-13,5 \mu$. — The spores of *Ph. virella* are somewhat smaller than in *Ph. obscura*. On the whole the structure of the organs of fructification agrees well in the two species. They have been treated here as two species, owing to the difference of the morphological characters. Different colour and habitus, longer and more appressed laciniae in *Ph. obscura* and the never absent rhizines on the receptacle of *Ph. obscura*. The two species were separated as proper species by ACHARIUS in his Prodrumus as early as in 1798, later authors have often confounded them, neglecting external characters and only acknowledging carpological characters as important.

Physcia virella is a very variable plant. The soredia are frequently yellow as in f. *Hueana* HARM. Catal. Lich. Lorr. p. 235, but I have never seen the »corpuscules plus ou moins écarlats« described by HARMAND in his form. — The soredia are at first small and well limited, later confluent. Well grown specimens often show juvenile states of soredia, a frequently occurring phenomenon with many characters of the Lichens. — The colour of the thallus varies from pale greyish through pale brownish to dark brown or even brownish-black. — Rhizinae are occasionally found on the lower side of the apothecium. — Plants with a brownish colour and rhizine receptacle might probably as well be referred to *Ph. obscura* as a var. *sorediosa*. But that involves an artificial and arbitrary limitation of the species, for there are numerous intermediate states of colour and of receptacles without rhizinae and receptacles with many rhizinae, although the latter are rare. I prefer to use the soredia as a decisive character. *Physcia obscura* without soredia, *Ph. virella* with soredia. The consequence of this would be to propose a f. *ciliata* of *Ph. virella* as well as of *Ph. obscura*, but it is not necessary, for I have not seen conspicuously crowded apothecia in Norwegian *Physcia virella*.

12. *Physcia lithotea* (ACH.) NYL.

Parmelia cyclozelis var. *lithotea* ACHARIUS Methodus (1803) p. 199. ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 483.

Physcia obscura α *orbicularis* f. *lithotea* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 143.

Physcia obscura f. *lithotea* WAINIO Adjumenta I (1881) p. 133. LYNGE Blad- og busklaver. Berg. Mus. Aarb. 1910, no. 9, p. 101.

Physcia lithotea NYLANDER De gonidiis etc. Flora 1877 p. 354. CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 318. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 167. OLIVIER Lichens d'Europe I (1907) p. 244 (168). HARMAND Lichens de France (1909) p. 647.

Physcia lithotea was recognized as a proper species for the first time by NYLANDER l. c. NYLANDER's statement: »*Physcia lithotea*, quae species separanda est a *Physcia obscura*, texturam thalli aliam habente« is almost a nomen nudum. The first author to give a full description of *Ph. lithotea* as a proper species, was CROMBIE.

Exsic. ANZI Lich. Ital. sup. 128 (f. *sciastra*, approaching to f. *nuda*, s. n. *Parmelia obscura* var. *sciastra* (ACH.)). ARNOLD Lich. exsic. 826,

1369 (s. n. *Parmelia obscura* var. *lithotea* ACH.). MIGULA Krypt. Germ. 931 (f. *sciastra* s. n. *Physcia obscura* (EHRH.) NYL. f. *orbicularis* (NECK.) TH. FR.). NORRL. et NYL. Herb. Lich. Fenn. 220 (f. *sciastra*, s. n. *Ph. lithotea* (ACH.) NYL.).

Thallus small or middle-sized, orbicular, 2—4 cm. in diam., but inclined to grow in dense clusters, covering larger areas; on plane substratum closely appressed, on uneven (e. g. moss) at the circumference more or less free from the substratum or even slightly ascendant. Laciniae stellate, elongate, narrow: 0,2—0,5, rarely up to 0,8—1 mm. broad, closely contiguous or imbricate, towards the centre always imbricate. Laciniae very multifid, either pinnato-incise or furcate, with acute angles; long branches with straight or slightly undulate outlines, subascendant laciniae usually shorter and broader with more or less undulate margin. Thallus without soredia, but at the margin of the laciniae and at the ends of the short lateral branches are formed short furfuraceous or more elongate, branched isidia. Towards the centre the isidia frequently spread over the whole thallus and become confluent. Thalli without isidia are occasionally found (young thalli?). If the cortex of the isidia is broken off, they occasionally develop soredia-like forms (isidia sorediose fatiscientia). Thallus fragile, opaque, epruinose, laciniae plane or sometimes with slightly ascendant margin. The colour varies from grey or pale greyish-brown through greyish-black to black, lower side always black, even on ascendant laciniae. Laciniae with long pale cilia or rhizinae at the margin, the rhizinae of the lower side are black, only slightly visible — owing to the closely contiguous laciniae —, very branched, thick: to 120 μ at their base.

Thallus covered with a thin, amorphous, finally insperse stratum, upper cortex at the exterior part more or less dark greyish-brown, otherwise uncoloured. Hyphae perpendicular to the surface, thin-walled, constrictedly septate with rounded articuli. Isidia distinctly corticate. Upper cortex of an irregular thickness (to 25 μ), on account of the uneven surface of the gonidia, gonidia also occasionally filling out the whole thin white medulla. Thallus thin, rarely more than 200 μ thick.

Thallus usually fertile; apothecia sessile to closely appressed, middle-sized, 1, rarely 2 or 2,5 mm. in diam. Margin persistent, entire or crenate, sometimes shortly appendiculate. Receptacle black around the centre, uncoloured towards the margin, with scattered black rhizinae on the lower side. The hyphae of the cortex perpendicular to the surface, middle thick-walled, constrictedly septate with rounded articuli. Gonidia crowded within the unco-

loured part of the cortex, especially in the margin of the apothecia, scattered under the hypothecium only, and absent within the black part of the cortex. Hypothecium yellowish, thick: up to $105\ \mu$, hyphae with narrow lumina, densely interlaced. Disc plane or slightly convex, brownish-black or black, epruinose, covered with a thin amorphous uncoloured stratum. Hymenium at the exterior part pale or dark yellowish-brown, otherwise uncoloured. Paraphyses distinctly septate, unbranched or occasionally furcate, at their apices clavato- or capitato-incrassate and constrictedly septate. Asci $80-85\ \mu$ long, $13-16\ \mu$ thick, octosporous. Spores obliquely biseriate or parallel to the axis of the ascus, straight, rarely slightly fabiform, not constricted at the septum, with rounded ends. Colour greyish-brown to black, old spores very opaque. Cell room usually small and angular, stretched across the thick-walled spore, occasionally large and rounded, leaving only a relatively thin cell-wall. Porous canal distinct.



Fig. 8. *Physcia lithotea*
(Ach.) Nyl.

Spores ellipsoidal, their thickness about half the length or a little longer, size $15.7-22(24)\ \mu$ long, $7.4-11(13)\ \mu$ thick.

Pycnides globose or with a slightly prominent upper part; perifulcrum and the adjacent parts of the cortex dark or black about the ostiolum, otherwise the perifulcrum is uncoloured. Pycnoconidia ellipsoidal, $2.5-4\ \mu$ long, $1.2-1.8\ \mu$ thick.

React. Neither cortex nor medulla coloured by KOH or CaCl_2O_2 . Hymenium first blue, then dark vinous-red or almost black by J.

f. *nuda* n. f. ad int.

Thallus isidiis destitutus.

f. *sciastra* (ACH.) CROMB.

Parmelia sciastra ACHARIUS Methodus Supplementum (1803) p. 49.
ACHARIUS Lich Univ. (1810) p. 471.

Lichen fahlunensis β *sciastrus* WAHLENBERG Flora Lapponica (1812) p. 428.

Physcia obscura var. *sciastra* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 112.
NYLANDER Synopsis (1858-60) p. 428. WAINIO Adjumenta I (1881) p. 133.

Physcia lithotea var. *sciastra* CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 319.
DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol &c (1902) p. 168.

OLIVIER Lichens d'Europe I (1907) p. 244 (168). HARMAND Lichens de France (1909) p. 648.

Thallus isidiate only at the margin of the laciniae. Otherwise as in the type

f. *typica* (*lithotea*).

Thallus, at least towards the centre, isidiate on the surface of the laciniae as well as at the margins.

Hab. *Physcia lithotea* prefers depressions of rocks which are frequently moistened by the sea and by lakes and streams in maritime and mountainous districts and on mosses which are frequently irrigated. — It has never been recorded from wood or bark in Norway.

Loc. There are few Lichens, which have a wider distribution in our country. It is quite as frequent in Southern as in Northern Norway, on chalk, schistose and hard rocks. Its vertical distribution is less known. At Drøbak in the Kristiania-fjord it grows luxuriantly by the shore, sprinkled by the sea water, and in Tromsø Amt it is a typical plant of maritime rocks. It is recorded from Drivstuen and Kongsvold on Dovre (900 m. s. m.). Finsehøgen (1550 m.), in Western Norway it ascends to the snow limit, in Northern Norway it is recorded from Altevand (500 m. s. m.), and it will probably be found on the little investigated high mountains in Northern Norway. — There is no difference as to the distribution of the different forms, which grow together.

Abundant near Kristiania, and recorded from numerous stations in Aker, Bærum, and Asker. Frequent in the south-eastern lowlands: Lillestrømmen (MOE) Minne (LYNGE), Ringeby (SOMMERFELT), Hadeland (LYNGE). Frequent in the great south-eastern valleys: Tonset and Fæmunden (LYNGE), Hunder (HAVAAS). Vaage (TH. FRIES), Lom (LYNGE), Listad in Øvrebygden (F. KLÆR), Hol (LYNGE); also on the central mountains: Dovre (BLYTT), and Finse (LYNGE). Frequent along the south and west coast: Drøbak and Lyngør (LYNGE), Moster, Granvin, Eidsfjord and Sundal (HAVAAS). Nordland: Alstahaug (BLYTT), Saltdalen (SOMMERFELT), and Melbo (NORMAN). Tromsø amt: Harstad (NORMAN), Ibbestad, Sørreisen, Gibostad, Malangen, Vikran, (LYNGE), Tromsø (NORMAN); abundant in the valleys: Maalselven, Bardo, and Skibotndalen everywhere from the coast to the mountains

(LYNGE). Finmarken: Konsamfjeld (WAHLENBERG) and Talvik (BAUR) in Alten; Honningsvaag, Østerbotn, Lakselv, and Skoganvarre (LYNGE) in Porsanger; Vadso (HAVAAS); Næsseby (TH. FRIES), and Sjaaholmen (TH. FRIES) in Varanger.

It is only to be expected that a plant of this frequency and wide distribution should be a variable species. A part of the variation is directly due to the substratum, e. g. the elongate, stellate laciniae of plants, growing on flat slates, and the more irregular, shorter, broader, and more imbricate, at the circumference more or less free laciniae of plants, growing on rugged granite, or on mosses (f. *muscicola* SCHAEER.).

In some plants the isidia are absent, in others developed at the margin of the laciniae (f. *sciastra*), or — about the centre — also on their surface, more rarely over the whole thallus, entirely covering the laciniae. It is evident that isidiate plants commenced their existence without isidia, and undoubtedly many of the »nuda« or »sciastra« plants develop into more isidiate stages; in that case they only represent different stages of age. On the other hand I have seen numerous full-grown plants showing little tendency to form isidia. It is, accordingly, very questionable whether we should regard them as stages of individual development, or as types of variation. Anyhow it is quite impossible to divide *Ph. lithotea* into well limited varieties after the isidia, for there are all intermediate states between a naked thallus and a thallus, entirely covered with isidia.

Occasionally the thallus has a tinge of bluish-violet, which calls to mind pruinose forms of *Ph. muscigena*. I have, however, never seen pruina in *Ph. lithotea*. — The colour is to some degree dependent on the insolation: dark in strong insolation, pale in plants growing in the shade. This is distinctly seen on plants growing over sharp edges into shadowed positions.

The upper cortex is thinner than in *Ph. obscura*, and the hyphae more thin-walled; in both species they are constrictedly septate, almost moniliform.

In some foreign floras¹ apothecia are reported to be rare, in Norway fertile plants are very frequent. The greatest, especially the broadest spores have been measured in muscicolous plants, but a statistical grouping of the dimensions only gives a »one-topped« curve, indicating one type. — The anatomical investigation of thallus and apothecia gives no basis for the division up of *Ph. lithotea*. — In every section there are

¹ CROMBIE Brit. Lichens I p. 319.

seen many shrunk, undeveloped spores, in many apothecia there are only such spores. — The rhizines of the receptacle are rarely wanting, in some thalli they are so well developed as to form a veritable corona around the apothecia (as in *Ph. obscura* f. *ciliata*).

The pycnides are easily overlooked in dark thalli; they are evidently not very frequent.

I have seen authentic specimens of the »*Ph. obscura* var. *mutabilis*« NILSS. = var. *orbicularis* et *virella* TH. FRIES, which in my opinion is only a slightly developed *Ph. lithotea* f. *sciastra*.

var. *lithotodes* (NYL.) LYNGE comb. nov

Physcia lithotodes NYLANDER Addenda nova. Flora 1875 p. 360. OLIVIER Lichens d'Europe I (1907) p. 245 (169).

Physcia obscura var. *lithotodes* WAINIO Adjumenta I (1881) p. 133.

Thallus orbicular, up to 6 cm. in diam., loosely appressed to the substratum. Habitus placodium-like: Laciniae at the circumference stellate, closely contiguous or more or less imbricate, towards the centre indistinct, almost crustaceous. Laciniae 0,3—1 mm. broad, repeatedly palmato-incise or furcate, rounded at their apices, with undulate contours. They are slightly convex, esorediate, without isidia or with some scattered short isidia at the margin, at the apices and at the margin with deciduous, spreading, pale cilia, opaque, epruinose. Colour pale or dark grey, moistened greenish, lower side pale at the circumference, otherwise black. Rhizinae dark or even black, thick: 100—110 μ .

No amorphous stratum over the thallus. Upper cortex thin, 8—15 μ thick, at the exterior part dark, otherwise uncoloured. Hyphae moniliform, occasionally growing out over the surface as hair-like emergences. Gonidia disposed in a continuous stratum under the cortex, sometimes filling up the whole medulla. Lower cortex 25—30 μ thick.

Apothecia very numerous, covering the whole central part of the thallus, orbicular or angular, 1—2 (2,5) mm. in diam. Gonidia densely crowded in the margin and under the hypothecium, more scattered within the cortex of the receptacle. Spores 15,7—23,7 μ long, 9,2—11 μ thick (vide infra), on an average slightly broader than in *Ph. lithotea*. The other parts of the apothecia as in *Ph. lithotea*.

¹ Die Flechten, in Untersuch. des Sarekgebirges; vol. III, p. 49.

Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1916. No. 8.

Pycnides numerous, but fertile ones were searched after in vain.
React. as in *Ph. lithotea*.

Hab. and loc. Only recorded from one Norwegian station: Høgskarhus in Dividalen, inner part of the Tromsø district in Northern Norway, growing on large flat stones on the banks of the river, submerged at flood-tide.

The scarcity of my material has prevented me from making any observations as to its variability. The late and much regretted Finnish lichenologist, Mr. LÅNG, sent me some specimens from Finnish and Swedish Lapland; according to Mr. LÅNG it should be frequent there. His plants agree well with the Norwegian ones, but they have narrower laciniae. In one of them the lower part of the medulla was locally coloured yellowish red (purple by KOH).

There is a margo proprius round the hymenium, but I have not been able to find the »margo thallinus« described by NYLANDER in Flora 1875, p. 360. — NYLANDER measured longer and narrower spores: $17-23 \times 6-9\mu$.

Separated from *Physcia lithotea* by the paler colour (?) which seems to be normal in var. *lithotodes*, by convex laciniae and by the placodium-like thallus. The upper cortex is thinner than in *Ph. lithotea* and the green colour more visible in moistened plants. The disposition to form isidia is very weak, but not quite absent. Initiating *sciastra*-like isidia are found in the Finnish as well as in the Norwegian plants.

It is possible that a rich material would contain intermediate forms between var. *lithotodes* and the naked forms of *Ph. lithotea*; in that case var. *lithotodes* would be reduced to a mere individual variation. But Mr. LÅNG who studied it in nature and whose opinions were worthy of the greatest attention, considered it to be a good variety, perhaps even a proper species. — Its geographical distribution also seems to be well limited: The continental parts of Northern Fenno-Scandia.

13. *Physcia tremulicola* NYL.

Physcia tremulicola NYLANDER Addenda Nova XVII Flora (1874) p. 7.
OLIVIER Lich. d'Europe I (1907) p. (169) 245.

EXSIC. HAVAAS Lich. Norv. (inedit). NORRL. et NYL. Herb. Lich. Fenn. 217.

Thallus growing in small rosettes, diam. 1—1,5 cm. Laciniae narrowly filiform, 0,05—0,15 (0,2) mm. broad, distinctly flattened, with an irregular, undulate or even crenate margin, very multifid, either pinnate or divaricately furcate, greatly entangled in each other. In young plants they are appressed to the substratum and (indistinctly) stellate, later they become imbricate and more or less ascending or even erect at the centre, old thalli pulvinate. Thallus very fragile, surface minutely scabrose (strong lens), opaque, moistened translucent, at the margin of the old laciniae with short, round, coralloid isidia of the same colour as the thallus. If the cortex of the isidia break off, marginal hyphae sometimes grow forth, forming small, inconspicuous, white »secondary soredia«. Colour dark brownish to black, lower side and rhizinae originally pale, later the rhizinae and the adjacent parts of the cortex become darker or even black.

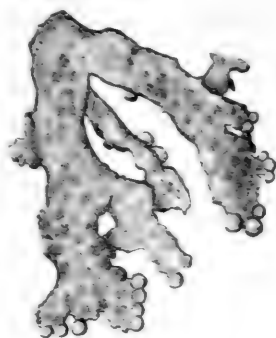


Fig. 9.

Physcia tremulicola. Nyl.

Upper cortex up to 20μ thick, formed of thin-walled, constrictedly septate hyphae (up to 8μ thick), perpendicular to the surface and sometimes growing forth as hair-like pellucid emergences. Cortex dark at the exterior part, otherwise uncoloured. Gonidia conglomerate, arranged in an irregular stratum under or in the cortex, sometimes at the very surface of the thallus. Medulla white.

Apothecia unknown, pycnides searched after but in vain.

React. Cortex and medulla uncoloured by KOH as well as by CaCl_2O_2 .

Hab. Recorded only from the bark of *Populus tremula*.

Loc. The »locus classicus« of the species is Dovre (ZETTERSTEDT). Otherwise it is only recorded from Vaage: Presteberget (HAVAAS), and from Hakedalen, near Kristiania, not far from the railway station. (HAVAAS and LYNGE). — It has been much searched after in our country and must be a rare species.

WAINIO described a new *Physcia*: *Ph. pterygioides*¹, evidently separated from *Ph. tremulicola* by the colour: »cinereus, subtus albidus«, *tremulicola* is — after NYL. l. c. — »olivaceo-fuscus, . . . subtus concolor«. The authentic specimen of *Ph. tremulicola* NYL. (herb. Ups.) is pale greyish-brown (faded?), under side uncoloured. I have not seen *Ph. pterygioides*.

¹ WAINIO: Lich. Viburg. Meddel. Soc. Fauna et Flora Fennica vol. II (1878) p. 53.

Physcia tremulicola is separated from *Ph. sciastrella* NYL. by its linear, very narrow laciniae, appressed to the substratum, at least at the circumference of the thallus.

There is a difference in colour between the plants from Dovre and Vaage on the one hand, and those from Hakedalen on the other. The former ones agree entirely with the authentic specimen of NYLANDER, and with NORRL. and NYL. Herb. Lich. Fenn. 217, the latter are black. We may describe them as follows:

f. *typica*.

Thallus olivaceo-fuscus, subtus concolor.

Recorded from Dovre (ZETTERSTEDT, the authentic specimen of NYLANDER, hb. mus. bot. Upsal.), Vaage: Presteberget (HAVAAS).

Exsic. NORRL. et NYL. Herb. Lich. Fenn. No. 217.

f. *atra* n. f.

Thallus ater, subtus concolor.

Known from Hakedalen, near Kristiania, on old *Populus tremula*.

Exsic. HAVAAS Lich. Norv. (inedited).

There is no other difference between the two forms, which perhaps only represent individual variation, or difference of age.

14. *Physcia endococcina* (KER.) TH. FR.

Parmelia endococcina KOERBER Parerga (1865) p. 36.

Physcia endococcina TH. FRIES Nya Skandin. Lafarter. Bot. Not. (1866) p. 150. GLÜCK Morphol. der Flechtenspermog. Verh. Naturh. Mediz. Vereins zu Heidelberg vol. VI N. F. (1899) p. 147 (67) fig. 39, Tab. II, fig. 1.

Physcia obscura var. *endococcina* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 143. NYLANDER De gonidiis etc. Flora (1877), p. 354. LEIGHTON Lichen-Flora (1879) p. 142. HAVAAS Floristiske undersøgelser. Berg. Mus. Aarb. (1897), no. III, p. 10. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol

(1902) p. 165. HAVAAS Beiträge zur Kenntnis der westnord. Flechtenflora. Berg. Mus. Aarb. (1909), no. I, p. 12. OLIVIER Lichens d'Europe (1907) p. 245 (169).

Physcia lithotea f. *endococcina* HARMAND Lichens de France (1909) p. 648.

I have not seen *Ph. obscura* f. *endochrysea* NYL. and var. *subnigricans* MÜLL., cited by HARMAND l. c. as synonyms.

EXSIC. ARNOLD Lich. Exsic. 533 (non vidi), and 1612 (*Parmelia endococcina* KBR.). HARMAND Lich. Gall. rar. 102 (*Ph. lithotea* f. *endococcina* HARM.). LOJKA Lich. Regn. Hung. 19. MERRILL Lich. Exsic. 129 (*Ph. obscura* var. *endococcina* (KBR.) TH. FR., on branches of willows, rather unlike Norwegian specimens). SCHAEERER Lich. Helv. 485 (*Parmelia obscura* & *cycloselis* b. *saxicola*). —

Thallus growing in small, later confluent rosettes, closely appressed to the substratum. Laciniae plane, distinctly stellate, pinnato-incise, and very multifid, with divaricate branches, contiguous or even imbricate, narrow (0,2 mm.) or broader (to 0,5—0,6 mm.), narrow laciniae equally broad, broader widened towards their apices. Thallus esorediate, usually without isidia or occasionally towards the centre with a few short, scattered and slightly conspicuous isidia. The colour varies from greyish-brown to almost black, when moistened almost unaltered. Lower side black.

Thallus covered with a thin amorphous stratum. Upper cortex (20) 25—40 μ thick, at the exterior part greyish with indistinct hyphae, at the interior part uncoloured with distinct hyphae; hyphae constrictedly septate. Gonidia glomerate, rarely found in the upper cortex. Medulla formed of densely interlaced hyphae, at the upper part uncoloured, at the lower part yellow-red (cinnabar). Lower cortex black, 20—25 μ thick, formed of constrictedly septate hyphae with spacious lumina. Rhizinae scattered, black, 50 μ thick.

Almost always fertile, apothecia small, 0,5—1 (1,5) mm. in diam., sessile or appressed. Margin middle-thick, first entire, then crenate or even shortly appendiculate. Receptacle rhizinose; cortex black at the centre, uncoloured towards the margin, cortical hyphae perpendicular to the surface, constrictedly septate, relatively thin-walled. Gonidia crowded in the margin of the apothecia, few and scattered under the hypothecium, almost absent within the black part of the cortex. Hypothecium plectenchymatous, 40—50 μ thick. Disc plane, epruinose, pale or dark brown or brownish-black. Hymenium covered with a thin uncoloured, amorphous,

later insperse stratum. Hymenium at the exterior part yellowish or yellowish-brown, otherwise uncoloured, $110-130\mu$ high. Paraphyses at their apices capitato-incrassate ($4-5\mu$), and constrictedly septate, unbranched or rarely with a few short branches. Asci $80-85\mu$ long, $15-17\mu$ thick, octosporous. Spores variable, type regularly ellipsoidal with rounded apices. On an average they are not thicker than half the length (average size of all measured spores: $21,41\mu$ long, $9,47\mu$ thick), but broader spores are frequently seen (e. g. $17\times 11\mu$). Cell rooms usually angular, stretched *across* of the spore, or like a sand-glass, the septum is thick, the canal distinct. Deformed, shrunk spores are more frequent than in other *Physciae*. Size: $17-26,3\mu$ long and $7,9-13,4\mu$ thick. Colour as usual.

Pycnides small, globose, $90-95\mu$ in diam. Perifulcrum dark around the ostiolum, otherwise uncoloured. Pycnoconidia small, narrowly ellipsoidal: $2,5-3,5\mu$ long, $0,8-1\mu$ thick.

React. The coloured part of the medulla purple by KOH, otherwise the thallus is neither coloured by KOH nor by CaCl_2O_2 . Hymenium first blue then deep red by J, the blue colour of the asci subsistent.

Hab. In Norway it is only recorded as saxicolous. It prefers moist rocks and stations with an ample supply of nitrogen. Frequently associated with *Ph. lithotea*.

Loc. Recorded only from a few stations in our country, evidently more frequent in Southern than in Northern Norway. Southeastern Norway: Ringeby (LYNGE), Toten (SOMMERFELT), Gjeilo (LYNGE); Southern and Western: Lyngør (LYNGE), Granvin, plentiful and well fertile (HAVAAS), Gjører in Sundalen (HAVAAS), Veblungsnes and Skiri in Romsdalen (HAVAAS). Trondhjem district: Trondhjem (KINDT), Opdal (HAVAAS). Northern Norway: Harstad (NORMAN).

Many authors have referred *Ph. endococcina* to *Ph. obscura* or to *Ph. lithotea*, and with good reason, for the coloured medulla is occasionally only found in some laciniae, and is absent in others of the same specimen.

15. *Physcia sciastrella* (NYL.) HARMAND.

Parmelia obscura (EHRH.) f. *sciastrella* NYL. in lit. in ARNOLD Die Lichenen des fränk. Jura. Flora (1874) p. 569 (no description).

Physcia lithotea var. *sciastrella* NYLANDER De gonidiis et eorum formis etc. Flora (1877) p. 354 (note). ZAHLBRUCKNER Zur Flechtenflora des Presburger Comitatus II. Verh. des Vereins für Natur- und Heilkunde zu Presburg vol. XIX (X) (1899) p. 4.

Physcia parvula WAINIO Lichenes Viburgenses. Meddel. Soc. Fauna et Flora Fennica vol. II (1878) p. 52. OLIVIER Lichens d'Europe I (1907) p. 246.

Physcia orbicularis d. *sciastrella* DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol etc. (1902) p. 167.

Physcia sciastrella HARMAND Lichens de France (1909) p. 651, tab. XVI, fig. 8. LETTAU Beiträge zur Lichenographie von Thüringen. Hedwigia vol. LII (1912) p. 255.

EXSIC. ARNOLD 583 (non vidi), LOJKA Lich. Univ. 223 (non vidi), NORRL. et NYL. Herb. Lich. Fenn. 219.

WAINIO collected the plant of NORRL. et NYL. 219, and NYLANDER has recognized the determinations. On the label it is stated that *Ph. parvula* WAIN. is a synonym of *Ph. obscura* f. *sciastrella* NYL. OLIVIER (l. c.) enumerates them as two different species, but the above statement by the two »patres nominum« must in this respect be decisive.

The priority of the name must be based upon NYLANDER in ARNOLD Lich. Exs. 583: »*Parmelia obscura* (EHRH.) var. *sciastrella* NYL.« The names in Flora 1874 and 1877 are only Nomina nuda, without description. I have been unable to ascertain the exact date of publication of ARNOLD 583; it was mentioned in Flora 1874 p. 569 and therefore most probably appeared before 1874. (No. 446 was published in 1871, and No. 737 in 1879). In that case WAINIO's name from 1878 is a later name.

Thallus growing in small irregular patches 1—1.5 cm. in diam., but frequently confluent. Laciniae ascendant to erect, very thin (70—90 μ), loosely imbricate, short and very narrow (0.2—0.3 mm. broad) with undulate or incise margin, either dilated at their apices like a fan and profoundly digitato-laciniate or equally broad and profoundly lacerate or pinnato-incise. Laciniae at the margin instructed with pedicellate, furfuraceous or rather elongate, branched, coralliform isidia. If the cortex of the isidia is broken off, medullary hyphae sometimes grow out forming pseudosoredia, genuine soredia not developed. Thallus opaque, colour varying from pale grey to greyish-brown or even brownish-black, when moistened with a strong tinge of green. Lower side uncoloured.

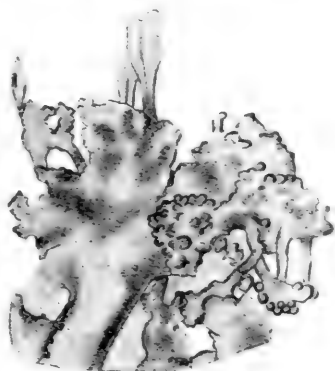


Fig. 10.
Physcia sciastrella (Nyl.) Harm.

Upper cortex 15—25 μ thick, surface unequal, insperse, more or less opaque at the exterior part, otherwise uncoloured. Hyphae indistinct, 5—6 μ thick, constrictedly septate with rounded articuli, occasionally less constricted.

Isidia distinctly corticate, sometimes their cortical hyphae grow out to short hair-like, uncoloured emergences (water absorption?). Gonidia crowded, at the central, inner part of the laciniae arranged in their normal position under the upper cortex, at the free, ascending apical part quite as much within the lower cortex. Medulla white, with narrow, densely interlaced, occasionally even apparently plectenchymatous hyphae, gradually transformed into the lower cortex, which is but slightly different from the medulla. Rhizinae 80–90 μ thick, uncoloured or pale greyish.

Apothecia and fertile pycnides not seen in Norwegian plants; HARMAND gives the size of the spores at $16,5-27 \times 7,5-10 \mu$, accordingly a little longer than in *Ph. lithotea* (HARMAND $21-24 \times 12 \mu$, in this paper: $15,7-22 (24) \times 7,4-11 (13)$).

React. Cortex as well as medulla uncoloured by KOH as well as by CaCl_2O_2 . (According to HARMAND: »Hymenium J + bleue persistant«).

Hab. and loc. This species is certainly rare in Norway, though probably overlooked on account of the minute and only slightly conspicuous thallus. Only recorded on sunny, dry, chalky rocks at Leangen in Asker near Kristiania (LYNGE), associated with *Ph. virella* and *Ph. lithotea* and at Granvin in Hardanger on the cortex of *Sorbus Aucuparia* (LYNGE). There were no transitional states between *Ph. lithotea* and *Ph. scia-strella*. — In southern countries chiefly on bark. It is a well known fact that towards their northern limit of distribution several corticolous Lichens are also or exclusively found on rocks¹.

The laciniae are so narrow that they might as well be called ramose as incise. On account of the thin thallus, really good sections are not easily obtainable. Thick sections are liable to give the investigator the false impression of a plectenchymatous medulla.

The position of the gonidia is of a special interest. Their normal place under the upper cortex is not of a fixed nature, if the (morphological) lower side of erect laciniae offers sufficient opportunities for assimilation the gonidia are also developed within the lower cortex.

16. *Physcia caesia* (HOFFM.) NYL.

*Lichen caesi*us HOFFMANN Enumeratio Lichenum (1784) p. 65 et tab. XII, fig. 1 (excellent). ACHARIUS Prodrum (1798) p. 107. WAHLENBERG Flora Lappon. (1812) p. 422.

¹ Cfr. EDWIN NYLANDER: Laf-vegetationen uti Savolax p. 62.

Lichen pulchellus WULFEN in JAQUIN Collectanea vol. II (1788) p. 199, tab. XVI, fig. 2 (miserable).

✓ *Psora caesia* HOFFMANN Plantae lichenosae (1790) p. 37, tab. VIII, fig. 1.

Parmelia caesia ACHARIUS Methodus (1803) p. 197, Lich. Univ. (1810) p. 479, ACHARIUS Synopsis (1814) p. 216. Flora Danica (1849) tab. 2507, fig. 1 (miserable).

Physcia stellaris b. *caesia*. DEICHMANN BRANTH et ROSTRUP Lich. Dan. (1869) p. 65.

Physcia caesia. NYLANDER Prodrömus (1857) p. 308, NYLANDER Synopsis (1860) p. 426, TH. FRIES Lich. Arctoi (1860) p. 64, NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 112, MÜLLER u. PABST: Flechten (1876) tab. V, WAINIO Adjumenta (1881) p. 137, CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 317, DALLA TORRE et SARNTHEIM Flecht. Tirol (1902) p. 163, OLIVIER Lich. Eur. I (1907) p. 243, HARMAND Lich. France (1909) p. 629, LYNGE Blad- og busklaver (1910) p. 102.

Exsic. ANZI Ital. sup. 121 (soredia not well developed), ANZI Lang. 312 (not like our specimens), ARNOLD Lich. Exsicc. 1449, CLAUD. et HARM. Lich. Gall. praec. 74, FLOERKE Deutsche Lich. 71, FRIES Lich. Suec. 323 (not seen), MERRILL Lich. Exsicc. 101, MIGULA Krypt. 43, STENHAMMAR Lich. Suec. 212 supr. (inf. is *Ph. tenella*), TUCKERMAN Lich. Amer. Sept. 86. (SCHAER. Lich. Helv. 347 is not *Ph. caesia*).

Thallus middle-sized, orbicular, diam. 2—4, rarely 5 cm. Laciniae closely attached to the substratum, stellate, contiguous or with imbricate ends, multifid with acute angles, pinnate or furcate, equally broad (0.5—1 mm.) or cuneate and narrowly affixed. Small papillaceous or branched secondary laciniae are frequent towards the centre. The laciniae are convex, rugulose and minutely albomaculate, with a chalky splendour, without isidia or pruina, but instructed with globose caesious soredia, (diam. 1—2 mm.), soredia more or less crowded, in old thalli sometimes confluent. The soredia are found on the surface of the central parts or (see var. *dubia*) at the end or along the margin of the laciniae. Colour white or greyish-white (except the soredia), when moistened the colour is almost unaltered but the white dots become more conspicuous. Lower side dark with black, branched rhizinae.

The upper cortex has an adspersed surface; at the exterior part (20—25 μ) it is dark, grey, and impellucid, even in thin sections; otherwise it is uncoloured. Cortical hyphae plectenchymatous, constrictedly septate, more or less perpendicular to the surface (add KOH). The cortex varies from 0 (soredia) to 40—70 μ thick. Gonidia glomerate in a very irre-

gular, interrupted stratum with varying distance from the surface. Usually the dark upper part of the cortex is thicker above more protruding gonidia clusters (protection). Lower cortex 30—40 μ thick, usually well marked off from the medulla; its exterior part is dark, brown or black; otherwise it is colourless. The majority of its hyphae are more or less parallel to the surface, but many of them have another direction, even perpendicular to the surface. Rhizinae 90—105 μ thick.

Apothecia are not rare, though the thallus is usually sterile. They are small, rounded with diam. 0,5—1 mm., scattered or sometimes crowded in the central part of the thallus; they are closely appressed with persistent, originally entire, later on crenate margin, and plane, brownish or black, more or less albo-pruinose disc. Receptacle rugose, pale yellow, its cortex uncoloured or at the exterior part faintly shadowed, 0—160 μ thick, hyphae plechtenchymatous, at least at the exterior part perpendicular to the surface. The gonidia fill up the medulla of the margin; they are also numerous within the whole cortex, under the hypothecium and more frequent in the medulla than usually in the genus. Hymenium reddish-brown and very insperse at the upper part (epithecium), otherwise uncoloured, 65—80 (100) μ thick. Paraphyses at their ends clavately incrassate, constrictedly septate, undivided or frequently dichotomously branched. Asci octosporous, clavate, rather narrow, 60—80 μ long, 15—17 μ thick. Spores often poorly developed, straight, ellipsoidal or slightly fabaceous, a little constricted at the septum, rounded at the ends. Cell room small, angulose, stretched across the spore, or sometimes rounded. Spores (13) 16—22 μ long, (7) 7,7—9,5 (10) μ thick



Fig. 11. *Physcia caesia* (Hoff.) Nyl.

Pycnides very numerous, globose, diam. 130—160 μ ; perifulcrum almost uncoloured; pycnoconidia cylindrical or slightly incrassate at the middle, 3—4 μ long. The pycnides are quickly emptied, senile pycnides are depresso-globose with black perifulcrum and prominent ostiolum.

React. Cortex as well as medulla yellow by KOH, not coloured by CaCl_2O_2 . Hymenium first blue, then at once dark blue or black, or sometimes sordid vinous by J.

Physcia caesia has an extensive horizontal as well as vertical distribution in our country. It is frequent through the whole country and ascends from the shore at least to 1400—1500 m. in Central Norway (Finse), at least on chalky and schistose substratum. It is also found — though

not so frequently — on primitive rocks and eruptives, sometimes on the bark of deciduous trees, but rarely on moss. It is a nitrophilous species and has a great predilection for wayside curb-stones, walls of stables and the like, and maritime rocks.

- Loc. Very frequent near Kristiania (many stations, M. N. BLYTT, MOE, LYNGE), in Bærum and Asker (LYNGE), frequent in the central lowlands: Sundvolden (HAVAAS), Minne and Tingelstad (LYNGE), Ringebu (SOMMERFELT), Fæmunden, Hunder, Næverfjeld (LYNGE), Gudbrandsdalen (NORMAN), Hol (LYNGE), from the central highlands: Dovre (many stations, M. N. BLYTT, ZETTERSTEDT, and others), Finse (LYNGE). Most probably frequent along the south coast, though only collected from few stations: Tønsberg, and Vasser (LYNGE). In Western Norway it is frequent from the shore to the interior, but it does not frequently surpass 800 m. (HAVAAS); loc.: Rægefjord, Moster, Kinsarvik and Eide (HAVAAS), Voss (lignicola, LYNGE), Hardangervidda: Vivheller (HAVAAS), Lygrefjorden and Stat (HAVAAS), Romsdal (LINDSAY). Frequent about Trondhjem: Ladehammeren (KINDT) and Sorgenfri (LYNGE). Nordland: Saltdalen (SOMMERFELT). North of Salten it is known from innumerable stations, especially along the coast: Rolla, Havnvik, Gibostad, Kvaløen, Nordbynesset, Fløifjeldet, Mikkelvik, Goalsevarre and Astejok in Tromsø amt (LYNGE), and in Finmarken from Alten; Sakkabani (NORMAN) and Storviksnesset (TH. FRIES), from Porsanger: Honningsvaag, Lakselv and Skoganvarre (LYNGE), from Tanen: Goalsevuoppe (TH. FRIES), and from Varanger: Næsseby, Mortensnes and Pasvikelven (TH. FRIES).

In 1910 I collected a specimen near Gibostad on the island of Senjen in Northern Norway. A part of the specimen was left. In 1911 I visited the place again at the same season, and found that the laciniae had grown as much as 1—3 mm. from the surface of the cut. This is a rapid growth for a Lichen. It is probable that nitrophilous species grow quicker, because they are better fed than other Lichens.

TH. FRIES mentions a *Physcia caesia* var. *albinea*¹ (thallus KOH $\bar{+}$) from maritime rocks in Northern Norway. This is certainly not *Physcia albinea* (ACH.) NYL. (thallus KOH \pm). Our only specimen of this belongs to *Ph. caesia*; it has large apothecia and poorly developed soredia. Such plants are not rare on maritime rocks, as stated by TH. FRIES. — The late Mr. LÂNG saw other specimens, named var. *albinea*, which belonged to *Ph. intermedia* WAIN.

¹ Lich. Arct. p. 64.

Physcia caesia NYL. is recorded to have been found in Northern Finland, not far from our frontier¹. I have never seen it from Norwegian stations.

f. *adscendens* n. f.

Apices laciniarum adscendentes vel etiam erectae; laciniae imbricatae, convexae, multifidae, pinnatae vel profunde crenato-incisae, apice vulgo flabelliformiter dilatatae, rugosae; laciniae secundariae numerosae, parvae, papillaeformes. Praeterea ut in specie.

Loc. Central Norway: Finse (Sandalsjøen) 1450 m. s. m. (LYNGE).

This form is not very significant, probably only a luxuriant individual variation. On the other hand the closely appressed laciniae are very characteristic of *Ph. caesia*, and this variation (or form) deserves a name.

f. *alpina* n. f.

Differt a specie sorediis isidiiformibus, papillatis, depressoglobosis vel subplanis, limitatis, pro parte corticatis, obscuratis vel thallo concoloribus.

Praeterea ut in specie.

Hab. On schistose and calcareous rocks, in Southern Norway in alpine situations, in Northern Norway at all elevations; frequently associated with *Physcia tribacia*.

Loc. Central mountains: Gjeilo and Finse (LYNGE), Northern Norway: Rolla in Ibbestad, Gibostad in Senjen, Norbynesset in Malangen' Skoelvdaalen in Maalselven, and Tromsøen (LYNGE).

This is a rather characteristic variety, due to the peculiar development of the soredia, representing an intermediate state between soredia and isidia. Occasionally the soredia are poorly developed, in other specimens they are almost confluent. — It is impossible to attribute the form of the soredia to climatic influence, for the thallus is otherwise well developed, and it frequently grows associated with the type. — The colour of the thallus and the development of the laciniae vary as in the typical *Ph. caesia*.

¹ NORRLIN, J. P. Berättelse i anledning af en till Torneå Lappmark verkställd naturalhistorisk resa. Not. Sällsk. Fauna och Flora Fennica förh. vol. XIII, 1873, p. 326.

var. *dubia* (HOFFM.?, ACH.) TH. FR.

an *Lobaria dubia* HOFFM. Fl. Germ. (1795) p. 156 (not seen)?

Lichen dubius. ACHARIUS Prodomus (1798) p. 123.

Parmelia caesia var. *dubia* ACHARIUS Methodus (1803) p. 197. ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 479.

Lichen caesi var. *dubia* WAHLENBERG Flora Lapponica (1812) p. 422.

Physcia caesia var. *dubia* TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 141. DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 164.

I have seen neither an authentic plant from HOFFMANN, nor his description in Flora Germanica. If his plant is identical with ours we must write the author: »(HOFFM.) TH. FR.«. If not, ACHARIUS is the oldest author. It is evident from the description of ACHARIUS in Lich. Univ. — where ACHARIUS Prodomus is cited as a synonym — that his plant is identical with ours. ACHARIUS Prodomus was edited in 1798, FLOERKE Deutsche Flechten No. 72 in 1819.

EXSIC. ARNOLD Lich. Exsicc. 1724, FLOERKE Deutsche Flechten 72, FUNCK Krypt. Gewächse 417, LEIGHTON Lich. Brit. 323, MALME Lich. Suec. 353 (intermediate between var. *dubia* and the type), SCHAEER. Lich. Helv. 348 (according to ARNOLD Jura, absent in our copy).

According to ARNOLD Jura p. 50 »STENH. 212 sup. sin.« belongs to this variety, in our copy of the said collection No. 212 supr. is the typical *Ph. caesia*.

Thallus orbicular, middle-sized, diam. 2—5 cm., laciniae appressed or slightly ascendent at the apices, narrow, discrete and stellate or broader, contiguous, and indistinctly stellate. The apices of the laciniae (more especially those of the secondary laciniae) dilated, recurved, and covered with minute granular soredia, which may ultimately attain a coral-loid, isidiate appearance. Surface minutely regulose and with whitish dots. The colour varies from white to ashgrey, nearly colourless beneath, with a few, darker fibrillae.

Apothecia not frequent. Margin thin, crenulate, sometimes sorediate. Paraphyses, spores and the other anatomical characters as in the type.

Hab. The Norwegian specimens in our herb. are found on rocks, usually near the water. (FLOERKE No. 72 from wood).

Loc. It is usually associated with the type; it is not frequent, but has a wide distribution: Southern Norway: Malmøen (MOE s.n. *P. caesia* β *albinea*), and Næsøen (LYNGE) near Kristiania, Lyngør (LYNGE), Western: Moster (HAVAAS and LYNGE), Sunde near Luksund (HAVAAS). Central:

Odneshberget in the parish Land (NORMAN), Vaage (LYNGE), Finse (LYNGE), Northern: Saltdalen (SOMMERFELT), Astejok near Altevand, and Mestervik in Malangen (LYNGE).

Specimens with dilated laciniae and typical soredia might be confounded with darker states of *P. tribacia*, from which it is readily distinguished by the medullar reaction. One specimen from Saltdalen is large, quite fertile, and nearly esorediate, it might be mistaken for *P. melops*.

MASSALONGO describes some anatomical characters of his *Anaptychia stellaris* δ . *dubia* (Mem. 1855, p. 37), he found smaller asci than in our *Ph. caesia*. His figure (tab. VI, fig. 35) is incorrect, giving unseptate paraphyses.

* *ventosa* subsp. nov.

Differt a specie colore cinereo-violascenti vel caeruleo-violascenti (humectata immutata), lacinii elongatis, discretis vel minus arcte contiguis, et sorediis minoribus. Thallus fragilis, cortex saepe ruptus.

Thallus strato hyalino, 5–8 μ alto, postremo insperso-rupto, tectus. Hyphae corticis superioris plectenchymaticae, superficiei perpendiculares, transversim septatae. Articuli exteriores obscuriores (20–25 μ), valde impellucidi. Gonidia strato incontinuo sub cortice formantia, saepe perpendiculariter in corticem usque ad stratum obscurum crescentia. Medulla alba. Cortex inferior totus, vel utique parte exteriore, obscurus, rufescens vel rufescenti-nigrescens. Rhizinae nigrae.

Apothecia rarissima, sessilia vel etiam adpressa, rotundata, diam. 1–2 mm. Margo integer vel dein crenatus, interdum soredioso-fatiscens, discus planus, epruinosis, receptaculum rugulosum, flavescens vel pallide cinereo-flavescens. Cortex receptaculi usque ad 130 μ altus, parte exteriore solum leviter obscuratus. Gonidia numerosa, praecipue in marginem apotheciorum, etiam infra corticem receptaculi et sub hypothecio disposita. Hymenium superne obscure fusco-rubescens, inspersum, praeterea incoloratum, 80–90 μ altum. Paraphyses validae, sat facile liberae, apice leviter solum clavato-incrassatae, constrictae septatae, indivisae vel plus minusve ramosae. Asci 75–80 μ longi, 16–20 μ crassi, membrana apice incrassata. Sporae rectae, late ellipsoideae, apice rotundatae, medio non vel levissime constrictae, 17–21 μ longae, 9,5–12,4 μ crassae. Lumen parvum, angulatum, in transversum sporarum elongatum, rarius rotundatum.

Pycnides fertiles frustra quaesivimus.

React. Thallus extus et intus KOH flavescens, CaCl_2O_2 non mutatur. Hymenium J caeruleum, dein persistenter caeruleo-nigrescens vel nigrescens.

f. *convexa* n. f.

Tab. I, fig. 2.

Major et robustior, laciniae convexae, latiores, minus divergenter ramosae et subcontiguae. Soredia thallo concoloria vel in colorem caesiam vergentia, vulgo sparsa, subsidiiformia, granulosa, sat sparsa vel rarius numerosa, globosa, pulverulenta. (Soredia vera, soralia). Thallus maculis albis plus minusve perspicuis instructus.

f. *plana* n. f.

Tab. I, fig. 3.

Minor, gracilior, laciniae planae, angustae, elongatae, divergenter ramosae et eam ob causam discretiae. Soredia (vera) parva, alba, depresso-globosa. Thallus maculis albis perspicuis dense instructus. Rhizinae inter lacinias distinctae.

Ad rupes perpendiculares subalpinas et alpinas soli et vento valde expositas, crescens, socio *Caloplacae elegantis*.

f. *convexa* is frequent along the Kristiania—Bergen railway from Hol to Finse, 550—1450 m. s. m. (LYNGE), also known from Dovre (herb. KLÆR), and from Skoganvarre in Finmarken (LYNGE).

f. *plana* is only known from Arctic Norway: Skibotn in Tromsø amt, and Skoganvarre in Finmarken (LYNGE).

Not. It is evident from the description that there is no great difference between the two formae, which most probably only represent individual variation. The affinity of the subsp. *ventosa* is with *Ph. caesia*, it is separated from this species by its colour, more discrete laciniae, less coherent and less incrassate paraphyses, and by broader spores. It has another distribution: *Physcia caesia* is a lowland species which only rarely surpasses the forest limit (900 m. in Central Norway), our subspecies is markedly subalpine and alpine. — The apothecia are very rare, and usually sterile.

The appearances of *P. caesia* and the subspecies are so different that if there were only a few specimens, it would have been natural to describe them as two different species. But a very rich material, combined with observations in nature, has shown me specimens, which seem to be intermediate.

17. *Physcia teretiuscula* (ACH.) LYNGE.

Parmelia caesia β *teretiuscula* ACHARIUS Lich. Univ. (1810) p. 479 (p. p.)

Physcia caesia var. *teretiuscula* NYLANDER Lich. Scand. (1861) p. 112.

TH. FRIES Lich. Scand. I (1871) p. 141. WAINIO Adjumenta I (1881) p. 135.

CROMBIE British Lichens I (1894) p. 318. BOISTEL Nouvelle Flore des Lichens 2^e partie (1903) p. 73.

an syn. *Physcia leptalea* var. *subteres* HARMAND Lichens de France (1909) p. 622; CLAUD. et HARM. Lich. Gall. praec. exsic. 319 (sub *Ph. albinea*).

Thallus small or middle-sized, orbicular, diam. 1—1.5—3 cm.; more extensive thalli are often seen, formed by confluent individual thalli. Laciniae appressed to the substratum or only occasionally slightly ascendent at the apices, flexuose, elongate and very narrow (0.2—0.3 mm. broad), slightly dilated at the apices, more or less convex, very multifid, repeatedly furcate or pinnate, divaricate and discrete, in young isolated thalli distinctly stellate, later imbricate and sometimes intricate. Soredia white, small and inconspicuous, difform: either scattered over the surface of the thallus or terminal, formed on the lower side of the slightly ascending apices of some laciniae (*tenella* type). Colour varying from ash-grey to white (not brownish), under side colourless, rhizinae long, dark or even black.

Thallus covered with an amorphous, uncoloured stratum, 5—8 μ thick. Upper cortex 25—40 μ thick, dark and opaque at the exterior part, otherwise pale or uncoloured. Hyphae very indistinct, slightly constrictedly septate, spreading in many directions from between the glomerate gonidia, and arranged in contiguous palissades at the exterior part. Medulla white, gradually transformed into the lower cortex. Lower cortex uncoloured or only locally slightly darkened, hyphae chiefly parallel to the surface.

Thallus substerile, only a few scattered initiating apothecia without spores. Pycnides not seen.

Reaction. Cortex and medulla distinctly yellow by KOH, no colouring by CaCl_2O_2 .

Loc. Recorded only from chalky substratum near the shore in Northern Norway: Ibbestad and Malangen: Nordbyneset in Tromsø amt (LYNGE), Tromsø (LYNGE).

According to WAINIO (l. c.) *Ph. caesia* β *teretiuscula* ACH. »composita est e *Ph. tribacia* (K \pm) et e forma insigni forsan *Ph. caesia*, reactione K \mp at habitu *Ph. tenellae* et laciniis apice pulverulentis, . . . forsan haec forma est autonoma species«. This note, combined with the description, given by ACHARIUS (l. c.), leaves no doubt that our plant is identical with the latter of the two forms, mentioned by WAINIO. It cannot be referred to *Ph. caesia*, differing from that species by the narrow elongate laciniae, the colour, and the structure of the soredia. Some specimens resemble a narrowly lacinate *Ph. tenella* or *Ph. tribacia*, from which it is well separated by the positive reaction of the medulla. It seems to me that its nearest relation is with *Ph. intermedia*; it agrees in some respects with young states of that species, but differs in the purely ash-grey or white (never brownish) colour, the very narrow, filiform discrete laciniae, and the small and inconspicuous soredia; *Ph. intermedia* is usually well fertile. WAINIO supposed it to be a proper species, and I agree with him on this question. It is no advantage to descriptive botany to unite plants, which can be kept apart.

HARMAND and BOISTEL state (l. c.) that the var. *teretiuscula* or *subteres* has the reaction: K \pm . It is therefore probably not identical with our plant. In our copy of the collection CLAUD. et HARM. 319 is worm-eaten and the remains insufficient for comparison.

18. *Physcia intermedia* WAIN.

Physcia intermedia WAIN. Lich. Vib. p. 51. Meddel. Soc. pro Fauna et Flora fennica vol. II (1878). OLIVIER Lich. Eur. I (1907) p. [163] 239.

Thallus middle-sized and orbicular or large, difform, up to 10—15 cm. large, very fragile. Laciniae stellate, discrete—subcontiguous or closely contiguous—imbricate; they are slightly convex, linear, frequently with crenate margins, narrow, 0.2—0.5 mm. broad, closely appressed, or free from the substratum at their apices. Thallus not isidiate, but sprinkled with low, depressoglobose or even crateriform soredia, formed on the surface of the thallus, and at the apices of the short lateral branches, more rarely at the circumference of the thallus. They are sometimes quite confluent, covering the whole thallus, or leaving only a few free laciniae along the circumference. Thallus opaque, albo-maculate, but not always distinctly, epruinose

(I have only seen one thallus locally covered with a thin white pruina); colour brownish or greyish-brown, darker at the centre. Soredia of the same colour or whitish. Under side uncoloured with numerous short rhizinae, which are uncoloured or brown.

Upper cortex of variable thickness, from 20 to 50, rarely 80 μ thick. Hyphae plectenchymatous, septate with rounded articuli. Exterior articuli dark, impellucid, interior ones uncoloured. Medulla white, hyphae loosely interlaced, gradually transformed into the lower cortex, which has hyphae more parallel to the surface.

Apothecia sessile or very shortly pedicellate, scattered and rounded 1–2 mm. in diam., or more numerous and angulose, owing to mutual pressure. Margin crenate, frequently sorediate, receptacle rugose, paler than the thallus. Disc plane, epruinose or very rarely caesio-pruinose, black or brownish-black, moistened brown. The cortex of the receptacle 75–90 μ thick, uncoloured, hyphae plectenchymatous, perpendicular to the surface, at least at the exterior part. Hymenium 80–100 μ thick, at the exterior part brown, otherwise uncoloured. Paraphyses moderately clavato-incrassate, constrictedly septate, individed or sometimes furcate at their apices. Spores ellipsoid, rounded at their ends, straight or slightly curved, a little narrowed at the septum, 16–22 μ long, 8–11.5 μ thick. Spore-rooms angulose.

Pycnides immersed, conical or depresso-globose, diam. 100–175 μ . Perifulcrum uncoloured except at the ostiolum, where it is dark. Fulcra undivided, endobasidial, short, constrictedly septate, articuli 4.5–5 μ long, and 3.5–4 μ thick. Pycnoconidia straight, slightly apiculate, 3.5–4 μ long, and 0.5–1 μ thick.

React. Cortex and medulla yellow by KOH, no colour with CaCl_2O_2 . Hymenium persistently blue or dark bluish-black with J.

var. *stellata* n. var.

Physcia intermedia WAIN. l. c.

Tab. II, fig. 2.

Thallus orbicularis, parvulus, diam. 2–3 cm., *laciniae angustae, elongatae, bene radiantes*, discretæ vel subcontiguæ; *soredia parva dispersa*.

Loc. In Norway it is found on micaceous ground in Northern Norway, chiefly along the shore, but also in the interior: Pasvikelven (third cataract) and Sjaaholmen in Sydvaranger (Th. FRIES s. n. *P. caesia*), Tromsø amt: Sørkjosen, Skibotn, Lyngseidet, Tromsøen, Nordbynesset (LYNGE).

var. *Wahlenbergii* LYNGE comb. nov.

Tab. I, fig. 1.

Syn. *Physcia Wahlenbergii* Lynge. Neue Flechten aus Norwegen. Berg. Mus. Aarbok (1912), no. 10, p. 7, tab. I, fig. 1.

Thallus major subcrustiformis, sorediis confluentibus fere tectus, laciniae breviores, vulgo indistinctae.

Loc. Found along the shore of Northern Norway, but not frequently. Tromsø amt: Tromsø and Nordbynesset (LYNGE).

Dr. WAINIO was kind enough to send me a specimen of *Ph. intermedia* for comparison. As stated by WAINIO his specimens have the habitus of *Ph. stellaris*. — The medullary reaction in his specimens is next to imperceptible, as is also the case in some of mine; in others, however, the reaction is more distinct. Owing to the very narrow laciniae the medullary reaction is not easily perceptible. Sections always give faint reactions. I removed the upper cortex and observed the reaction directly on the plant under the microscope. — Old specimens, especially the var. *Wahlenbergii*, have more the habitus of *Ph. caesia*. In my opinion *Ph. intermedia* belongs to the *Ph. caesia* tribe.

It is separated from *Ph. caesia* by its colour and by the form of the soredia. Plants growing in the shade are brighter of colour; if they have sorediate apices, they may be confounded with *Ph. tribacia*, from which species they are separated by the positive medullary KOH-reaction, and by narrower laciniae. Inexperienced investigators might confound it with *sciastra*-states of *Ph. lithotea*, but all other differences apart, *Ph. lithotea* is KOH $\frac{+}{-}$.

My *Ph. Wahlenbergii* is so different from WAINIO's description that it was described as a n. sp., but a large material, and observation in nature have now shown me intermediate states. The difference is, however, so great that it is impossible to regard them as mere synonyma. It will be natural to describe them as two varieties of the same species.

19. *Physcia melops* (DUF.) NYL.

Parmelia melops DUF. (according to NYLANDER Addenda nova l. c.).

Physcia melops (DUF.) NYLANDER, Addenda nova. Flora 1874, p. 16. CROMBIE Brit. Lich. I (1894) p. 315. NYLANDER Lich. Paris (1896) p. 42. DU RIETZ Lich. anteckn. (1915) p. 4.

Physcia caesia f. *melops* (DUF.) WAIN. Pitlekai (1909) p. 68. HARMAND Lich. France (1909) p. 630.

An syn. *Lichen alboniger* SCHLEICHER Pl. crypt. helvet. No. 71 (1806), and

Physcia albonigra (SCHLEICH.) DALLA TORRE et SARNTHEIM Die Flechten von Tirol (1902) p. 164, (ubi syn.).

Tab. I, fig. 4.

Exsic. According to DALLA TORRE et SARNTHEIM l. c. ARNOLD No. 897 belongs to our species; which must be a misprint (ARNOLD 897: *Lithoidea viridula* (SCHRAD.) var. *elevata* NYL.) ARNOLD no. 1648 (*Parmelia albonigra* SCHL.) differs considerably from our plant in having an entirely white thallus of a *Ph. aiopolia*-like exterior. I have seen neither the specimens of DUFOUR nor those of SCHLEICHER. The Norwegian material was determined by the late, eminent Finnish lichenologist, Mr. LÅNG.

Thallus moderate or large, orbicular, diam. 6—10 cm., loosely adnate, firm. Laciniae contiguous, often with imbricate apices, distinctly stellate and continuous from the centre to the circumference, convex, rugulose or smooth, with indistinct pale spots, linear, narrow: 0,5—0,7 mm. broad, with undulate outlines, multifid, pinnately branched; branches more or less divergent with acute angles. Thallus without soredia, isidia or pruina. About the centre we may find small, papillary, secondary laciniae, which fill up the interstices between the great primary laciniae. Colour ash-grey with a tinge of violet, under side pale brown or greyish-brown, nearly covered by long, dark or even black, branched rhizinae.

The impellucid part of the upper cortex is darker, and the under cortex paler than in *Ph. caesia*. In other respects the thallus anatomy is as in *Ph. caesia*.

Apothecia very numerous, sometimes covering the central part of the thallus, they are sessile, not appressed, sometimes very shortly pedicellate. They are small, diam. 1—1,5 mm., rounded or angulose, due to mutual pressure, with persistent, at length crenate margin and plane, epruinose disc. Receptacle of the same colour as the thallus or a little paler, smooth. Cortex at the exterior part pale brownish with its hyphae perpendicular to the surface, otherwise uncoloured. The position of the gonidia, form of hymenium and paraphyses as in *Ph. caesia*, only that the paraphyses are less incrassate. Spores not constricted at the centre, otherwise as in *Ph. caesia*, 16,6—20,5 μ long, 7,9—8,6 μ thick.

Pycnides must be rare, only a few sterile ones found.

Reaction: Cortex and medulla coloured yellow by KOH, uncoloured by CaCl_2O_2 .

Loc. Kristiania: Ekeberg (on Ryenbergene and near a land-mark (Norwegians varde), found by N. G. MØE in 1868). MØE named it *Ph. caesia*, but he was fully aware of its being a remarkable variety¹. Dovre: Drivstuen (ZETTERSTEDT 1870, s. n. *Ph. stellaris* var. *aipolia* (Ahb. Upsala), Knutshø (LYNGE).

On naked, or mossy rocks.

It is closely related to *Ph. caesia*, but differs by the colour, the absence of soredia, the crowded, numerous apothecia, and the *Placodium*-like appearance. It bears some resemblance to *Lecanora melanaspis*.

¹ herb. not.: 'hoist udm. Form, vakker, merkelig'.

Literature.

- ACHARIUS, ERIK. *Lichenographiae Sveciae Prodrömus*. Lincöpie (1798) p. I—XXIV, 1—264, tab. I—II.
- *Methodus qua omnes detectos Lichenes secundum organa carpomorpha ad Genera, Species et Varietates redigere atque Observationibus illustrare tentavit* E. A. Stockholmiae (1803), p. I—LV, 1—394, tab. I—VIII.
 - *Lichenographia Universalis in qua Lichenes omnes detectos adiectis Observationibus et Figuris horum Vegetabilium Naturam et Organorum Carpomorphorum Structuram illustrantibus, ad Genera, Species, Varietates Differentiis et Observationibus sollicite Definatas redegit* E. A. Göttingiae (1810) p. I—VIII, 1—696, tab. I—XIV.
 - *Synopsis Methodica Lichenum, sistens omnes hujus Ordines naturalis detectas Plantas, quas, secundum Genera, Species et Varietates disposuit, Characteribus et Differentiis emendatis definivit, nec non Synonymis et Observationibus selectis illustravit*, E. A. Lundae (1814) p. I—XIII, 1—392.
- ARNOLD, F. *Die Lichenen des fränkischen Jura (Separat) Flora* (1884—1885). Regensburg 1885, p. 1—323.
- *Lichenologische Ausflüge in Tirol*. I—XXX. Verh. d. k. k. zool.-bot. Gesellschaft zu Wien 1868—1897.
- BOISTEL, A. *Nouvelle Flore des Lichens. 2^e partie (partie scientifique) servant à la détermination de toutes les espèces, variétés et formes signalées en France avec leurs caractères microscopiques et leurs réactions chimiques*. Paris (1903) p. I—XXXIII, 1—352.
- BONNIER, G. *Recherches sur la synthèse des lichens*. Annales des sciences naturelles Botanique vol. IX, p. 1—34, tab. I—V, Paris (1889).
- CROMBIE, JAMES. *A Monograph of Lichens found in Britain. Being a Descriptive Catalogue of the Species in the Herbarium of the British Museum*. Part I. London (1894) p. 1—518.
- DALLA TORRE, K. W. von und LUDVIG GRAF von SARNTHEIM. *Die Flechten (Lichenes) von Tirol, Vorarlberg und Lichtenstein, mit dem Bildnisse Dr. F. ARNOLDS und einer Karte*. Innsbruck (1902), p. I—XLVI, 1—936.
- DEICHMANN BRANTH, J. S. og E. ROSTRUP. *Lichenes Daniae eller Danmarks Laver*. Botanisk Tidsskrift vol. III, Kjöbenhavn (1869) p. 127—284. tab. III—IV.
- Du RIETZ, G. EINAR. *Lichenologiska anteckningar från östra Småland*. Svensk Botanisk Tidsskrift vol. IX, Stockholm (1915), p. 114—118.
- ELENKIN, A. A. *Lichenes Florae Rossiae Mediae pars II*. ЮРЬЕВЪ (1907), p. 183—359, tab. V—XII.
- FRIES, ELIAS. *Systema Orbis vegetabilis. Primas lineas novae constructionis periclitatur*. Pars. I. Plantae Homonemeae, p. I—VII, 1—374. Lundae (1825) 8^o.
- *Lichenographia Europaea reformata. Praemittuntur lichenologiae fundamenta*. Lundae (1831) p. I—CXX, 1—486.

- FRIES, TH. M. Lichenes Arctoi Europae Groenlandiaeque hactenus cogniti. Collegit, examinavit, disposuit Th. M. F. Acta Reg. Soc. Scient. Ups. Ser. III, vol. III, Upsaliae 1860, p. (Separat) 1—298.
- Nya Skandinaviska Lafarter. Bot. Not. Lund. (1865) p. 38, 99, 109, 181; (1866) p. 14, 56, 150; (1867) p. 105, 151.
- Lichenographia Scandinavica sive Dispositio Lichenum in Dania, Suecia, Norvegia, Fennia, Lapponia Rossica hactenus collectorum. Upsaliae. Pars I (1871) p. I—IV, 1—324, pars II (1874) p. 325—639.
- GALLØE, OLAF. Danske Likeners Økologi. Botan. Tidsskr. Kjøbenhavn vol. XXVIII, (1908) p. 283—372, tab. I—XVII.
- Forberedende Undersøgelser til en almindelig Lichenøkologi, p. 1—118, fig. 1—240. Kjøbenhavn 1913.
- GLÜCK, H. Entwurf zu einer vergleichenden Morphologie der Flechten-Spermatogonien. Verhandl. des Naturhistor.-Mediz. Vereins zu Heidelberg N. F. vol. VI (1899 separat), p. I—VI, 81—216 (sep. 1—136).
- GUNNERUS, JOHAN ERN. Flora Norvegica pars I Nidrosiae (1766) p. I—VIII, 1—96 + reg., tab. I—III; pars II Hafniae (1772), p. I—VIII, 1—148, + reg. 32 p., tab. I—IX.
- HARMAND, J. Lichens de France. Catalogue Systematique et Descriptif par L'Abbé J. H. Phyllodés. Paris (1909) p. 481—755, pl. XIII—XVIII.
- HAVAAS, J. J. Floristiske undersøgelser i Søndre Bergenhus Amt. Berg. Mus. Aarbog. (1897), no. III, p. 1—13.
- Beiträge zur Kenntniss der westnorwegischen Flechtenflora. Berg. Mus. Aarbog (1909), no. I, p. 1—36.
- HOFFMANN, GEORG FRANC. Enumeratio Lichenum, Iconibus et Descriptionibus illustrata. Erlangae (1784), p. 1—102, tab. I—XXII.
- Plantae lichenosae. Descriptio et Adumbratio plantarum e classe cryptogamica Linnaei, quae Lichenes dicuntur. Lipsiae vol. I (1790) p. 1—104, tab. I—XXIV, vol. II (1794) p. 1—78, tab. XXV—XLVIII, vol. III (non vidi).
- HUDSON, GULIELMI. Flora Anglica, exhibens Plantas per Regnum Britanniae sponte crescentes distributas secundum Systema Sexuale. London Edit. II (1798) p. I—XXXII, 1—688.
- HUE, A. Addenda nova ad Lichenographiam Europaeam. Exposuit in Flora Ratisbonensi Dr. W. Nylander in ordine vero systematico disposuit A. H. Revue de Botanique. Paris. Pars I, vol. V (1886), p. 1—126 pars II, vol. VI (1887) p. 127—371 (Separat).
- Lichenes Exotici a Professore W. Nylander descripti vel recogniti et in Herbario Musei Parisiensis pro maxime Parte asservati in Ordine Systematico dispositi sunt. Parisiis (1892) p. 1—378 (Separat).
- Lichenes Extra-Europaei a pluribus Collectoribus ad Museum Parisiense missi. Nouv. Arch. du Mus. d'hist. nat. de Paris. sér. IV, vol. I (1889) p. 27—220, vol. II (1900) p. 49—122.
- JATTA, A. Sylloge Lichenum Italicorum. Trani (1900) p. 1—XXXIX, 1—623.
- KINDT, C. Bidrag til Kundskab om Thronhjems Lavvegetation. Det Kgl. Norske Videnskabers Selskabs Skrifter (1880) Trondhjem (1881) p. 25—41.
- KNOWLES, MATILDA C. The Maritime and Marine Lichens of Howth. The Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society. Vol. XIV (N. S.) No. 6. Dublin (1913) p. 79—143. 1 map, pl. III—IX.
- KOERBER, G. W. Systema Lichenum Germaniae. Die Flechten Deutschlands (insbesondere Schlesiens) mikroskopisch geprüft, kritisch gesichtet, charakteristisch beschrieben und systematisch geordnet. Breslau (1855) p. I—XXXIV, 1—459, tab. I—IV.
- Parerga Lichenologica. Ergänzungen zum Systema Lichenum Germaniae. Breslau (1865), p. I—XVI, 1—501.

- LAMARCK, de. *Encyclop. Méthod. Botan.* vol. III, (1789), p. I—VIII, 1—759 (non vidi).
- LEIGHTON, W. A. *The Lichen Flora of Great Britain, Ireland, and the Channel Islands.* Shrewsbury (1879) (3d edit.) p. I—XVIII, 1—547.
- LETTAU, G. *Beiträge zur Lichenographie von Thüringen.* Hedwigia vol. LI, (1912) p. 176—220, vol. LII, (1913), p. 81—264.
- LINDAU G. *Ueber die Anlage und Entwicklung einiger Flechtenapothecien.* Flora (1888), p. 451—489, tab.
- *Beiträge zur Kenntniss der Gattung Gyrophora.* Festschrift f. Schwendener, p. 19—36, tab. II. Berlin (1899).
- *Die Flechten, in Kryptogamenflora für Anfänger,* Berlin (1913), p. I—VI, 1—250, text-fig. 1—292.
- LINDSAY, W. LAUDER. *Contributions to the Lichen-Flora of Northern Europe* Journ. Linn. Soc. Bot. vol. IX. London (1867), p. 365—416.
- LINNAEI, CAROLI. *Species Plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum Systema Sexuale digestas.* Holmiae (1753) tom. II, p. 561—1200.
- LYNGE, BERNT. *De norske busk- og bladlaver (Lichenes Thamno- et Phylloblasti Kbr.). Med angivelse av deres utbredelse særlig i det østnorske Norge.* Berg. Mus. Aarbog (1910) no. 9, p. 1—124, tab. I—VII.
- *Neue Flechten aus Norwegen.* Berg. Mus. Aarb. (1912) nr. 10, p. 1—10, tab. I.
- MASSALONGO, A. *Memorie lichenografiche con un' appendice alle ricerche sull' autonomia dei licheni crostosi.* Verona (1855) p. 1—155, tab. I—XXIX.
- MÜLLER, O. und G. PABST. *Die Flechten . . . in Cryptogamen-Flora, enthaltend die Abbildung und Beschreibung der vorzüglichsten Cryptogamen Deutschlands und der angrenzenden Ländern.* Gera (1876) p. I—XXVIII, tab. I—XII.
- NILSON, BIRGER. *Die Flechtenvegetation des Sarekgebirges.* Naturwiss. Unters. des Sarekgebirges in Schwedisch Lappland, vol. III, Stockholm (1907) p. 1—70, tab. I—IX.
- NORRLIN, J. O. *Berättelse i anledning af en til Torneå Lappmark verkställd naturalhistorisk resa. Notiser ur Sällskapet pro Fauna et Flora Fennica Förhandl.* vol. XIII (1873) p. 251—348.
- *Flora Karelia Onegensis II (Lichenes).* Meddel. af Societas pro Fauna et Flora Fennica vol. I (1876) p. 1—46.
- NORMAN, J. M. *Conjectura de affinitate mutua Heterolichenum, ab J. M. Norman anno 1852 proposita, nunc modo graphico plenius exhibita cum mutationibus nexu arctiore formarum & indole sporarum praecipue ducibus.* Kgl. Norske Vid. Selsk. Skrifter, vol. VII p. 1—16, tab. I. Thordhjem 1872.
- NYLANDER, A. EDWIN. *Ålands Laf-vegetation.* Notiser ur Sällsk. pro Fauna et Flora Fennica Förhandl. vol. III (1857), p. 77—93.
- NYLANDER, WILLIAM. *Prodromus Lichenographiae Galliae et Algeriae.* Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux, tome XXI, (1857) p. 249—467.
- *Énumération générale des Lichens, avec l'indication sommaire de leur distribution géographique.* Mém. Soc. Impér. Sci. Nat. Cherbourg vol. V (1857) p. 85—146. Supplément l. c. p. 322—339.
- *Ad Vegetationem Lichenosam Helsingforsiae, Savolaxiae et Alandiae Addenda.* Notiser ur Sällskapet pro Fauna et Flora Fennica Förhandl. vol. IV (1858—1859) p. 227—242.

- NYLANDER, WILLIAM. Synopsis methodica Lichenum omnium hucusque cognitorum praemissa Introductione Lingua gallica tractata. tome I (1858—1860) p. I—IV, 1—430, tab. I—VIII.
- Lichenes Scandinaviae. Notiser ur Sällskapetets pro Fauna et Flora Fennica förhandl. vol. V (1861) p. 1—312, tab. I.
 - Prodomi Lichenographiae Scandinaviae Supplementum. Lichenes Lapponiae orientalis. Notiser ur Sällskapetets pro Fauna et Flora Fennica förhandl. n. ser. vol. V (1866) p. 101—192.
 - De reactionibus in genere Umbilicaria. Flora (1869) p. 387—389.
 - Les Lichens des Environs de Paris. (1896) p. 1—142.
- OLIVIER, H. Étude sur les principaux Parmelia, Parmeliopsis, Physcia et Xanthoria de la flore française. Revue de Botanique vol. XII (1894) p. 51—99
- Lichens d'Europe, Énumération, Stations et Distribution Géographique avec Clef Dichotomique des Genres et des Espèces. Mem. Soc. Nat. des Sciences Nat. et Math. de Cherbourg. I. vol. XXXVI (1907) p. 77—274
- SANDSTEDT, HEINR. Die Flechten des nordwestdeutschen Tieflandes und der deutschen Nordseeinseln Abhandl. des Naturhist. Vereins Bremen vol. XXI (1912) p. 9—243.
- SCHAEFER, LUDOV. EMANUEL. Enumeratio critica Lichenum Europaeorum, quos ex nova methodo digessit L. E. S. Bernae (1850) p. I—XXXVI, 1—327, tab. I—X.
- SCHWENDENER, S. Untersuchungen über den Flechtenthallus. Erster Theil. Die strauchartigen Flechten. Nägeli Beiträge zur wissenschaftl. Botanik vol. II (1860) p. 109—186 (cont.)
- SERNANDER RUTGER. Studier öfver lafvärns biologi I. Nitrofila lafvar. Svensk Botanisk Tidsskrift vol. VI (1912) p. 803—883, pl. XXIX—XXX.
- SOMMERFELT, SEV. CHRISTIANO. Supplementum Florae Lapponicae, quam edidit Dr. Georgius Wahlenberg. Auctore S. C. S., Sacri Verbi Ministro, Reg. Soc. Scient. Nidrosiensis Sodali. Christianiae (1826) p. I—XII, 1—332, tab. I—III.
- STENHAMMAR, CHRISTIAN. Iakttagelser rörande Lafvårns historia och utbredning. Förh. vid. Skand. Naturf. möte III (1842) p. 611—614.
- WAHLENBERG, GEORGUS. Flora Lapponica, exhibens plantas geographicæ et botanice consideratas, in Lapponiis Svecicis scilicet Umensi, Pitensi, Lulensi, Tornensi et Kemensi nec non Lapponiis Norvegicis scilicet Nordlandia et Finmarkia utraque indigenas, et itineribus 1800, 1802, 1807 et 1810 denuo investigatas. Berolini (1812) p. I—LXVI, 1—550, tab. I—XXX, c. mappa.
- WAINIO, EDW. Adjumenta ad Lichenographiam Lapponiae fennicae atque Fenniae borealis I. Meddel. av Societas pro Fauna et Flora Fennica vol. VI (1881) p. 77—182, II I. c. vol. X (1883) p. 1—230.
- Lichenes in Sibiria meridionali. Acta Societ. pro Fauna et Flora Fennica vol. XIII, no. 6 (1894) p. 1—20.
 - Lichenes in Caucaso et in peninsula Taurica annis 1884—1885 ab H. Lojka et M. a Déchy collecti. Természetráji Füzetek vol. XXII (1899) p. 269—343.
 - Lichenes in Viciniis Stationis Hibernae Expeditionis Vegae prope Pagum Pitlekai in Sibiria Septentrionali a D:re E. Almquist collecti. Arkiv för Botanik vol. VIII, no. 4, (1909) p. 1—175.
- WARMING, EUG. Dansk Plantevækst. I Strandvegetationen. København og Kristiania (1906) p. 1—325, fig. 1—153.
- WILLE, N. Bidrag til Algerne physiologiske Anatomie. Kgl. Svenska Vet.-Akad. Handlingar vol. XXI (1885), no. 12, p. 1—104, tab. I—VIII.

- WULFEN, Franciscus Xaverius. *Plantae Rariores Carinthiae*. In JACQUIN *Collectanea* vol. II (1788) p. 112—234.
- ZAHLEBRUCKNER, A. *Zur Flechtenflora des Presburger Comitatus* II. Verh. des Vereins für Natur- und Heilkunde zu Presburg. N. F. vol. X, 1897—98, p. 1—14. Presburg. 1899.

Lichenes exsiccati quoted.

I have only quoted those collections which are found in the Botanical Museum of Kristiania, and which I have seen myself.

For details as to title, date of publication, &c. see LYNGE: *On the World's Lichenes exsiccati*. *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne* vol. LI (1913) p. 95—122, and LYNGE: *Index Specierum et varietatum Lichenum quae Collectionibus «Lichenes exsiccati» distributae sunt*. L. c. 1915— . (printing).

— *Lichenes Italiae superioris*.

— *Lichenes rariores Langobardi*.

ARNOLD. *Lichenes exsiccati* (incomplete in Kr.ania).

CLAUDEL et HARMAND. *Lichenes Gallici praecipui exsiccati*.

FLOERKE. *Deutsche Lichenen*.

FRIES, EL. *Lichenes Sueciae* (incomplete in Kr.ania).

FRIES, TH. M. *Lichenes Scandinaviae rariores et critici*.

FUNCK. *Crypt. Gewächse des Fichtelgebirges ser. II*.

HARMAND. *Lichenes Gallici rariores*.

HAVAAS. *Lichenes Norvegiae exsiccati*.

— *Lichenes Norvegiae occidentalis exsiccati*, Fasc. I—II, nos. 1—50, Bergen 1912—1913.

HEPP. *Die Flechten Europas*.

KERNER. *Flora Exsiccata Austro-Hungarica* (incomplete in Kr.ania).

KOERBER. *Lichenes selecti Germaniae*.

LOJKA. *Lichenes Regni Hungarici* (incomplete in Kr.ania).

MALBRANCHE. *Lichens de la Normandie* (incomplete in Kr.ania).

MALME. *Lichenes Suecici exsiccati*.

MASSALONGO. *Lichenes Italici exsiccati*.

MIGULA. *Cryptogamae Germaniae &c.*

NORRLIN et NYLANDER. *Herbarium Lichenum Fenniae*.

NYLANDER. *Herbarium Lichenum Parisiensium*.

RABENHORST. *Lichenes Europaei* (incomplete in Kr.ania).

REICHENBACH et SCHUBERT. *Lichenes exsiccati*.

SCHAEFER. *Lichenes helvetici*.

SOMMERFELT. *Plantae cryptogamae Norvegiae*.

STENHAMMAR. *Lichenes Sueciae*.

TUCKERMAN. *Lichenes Amer. Septentrionalis*.

ZAHLEBRUCKNER. *Kryptogamae exsiccatae editae a Museo Palatino Vindobonensi*.

Index.

- acrita* 32.
actinota 20.
adpressa 23.
adscendens (caesia f.) 92.
agriopa 20.
aipolia 22, 28.
albinea 91.
albonigra 100.
allochroa 49.
alvophila 34.
aliphiphora 63, 67.
alpina 92.
Anaptychia 8.
angustata (aipolia f.) 35.
angustata (puiverul. f.) 52.
anthelina 33.
aquilus 9.
argyphaea 54.
argyphaeoides 64.
ascendens 22, 36.
atra 84.
brunnea 67.
caesia 22, 88, 99.
caesitia 92.
cercidia 32.
chloantha 69, 72.
ciliaris 16.
ciliata 71, 81.
concrustans 31.
constipata 23, 60.
convexa 95.
crenulata 34.
crinalis 21.
crossophylla 12.
cycloselis 68, 71, 72, 76.
delecta 65, 66.
detonsa 12.
dimidiata 45.
dubia 93.
endococcina 23, 84.
enteroxanthella 65.
farrea 62, 67.
flavescens 65.
fornicata 39.
fusca 9.
grisea 22, 62.
„Haar-Mosse“ 17.
Hagenia 13.
hispidus 44.
Hueana 76.
humilis 59, 61.
hybrida 66.
incisa 35.
intermedia 22, 91, 97.
isidiata 60.
lenta 58.
leprosa 72.
leptalea 22, 43.
leucoleiptes 64, 65, 66, 67.
lithotea 23, 76, 79.
lithotodes 23, 81.
marina 20, 41.
melanosticta 19.
melops 22, 94, 99.
minuta 58.
musciicola 80.
musciigena 23, 55.
mutabilis 81.
nordlandica 36.
nuda 23, 78.
obscura 23, 68, 75, 76, 80.
orbicularis 68, 71.
parvula 87.
Physcia 21.
Physciaceae 1.
pityrea 64.
plana 95.
pruinosa 36.
Pseudophyscia 10, 13.
pterygioides 83.
pulchellus 89.
pulveracea 62.
pulverulenta 23, 49.
radiata 25, 26.

saxicola 19.
sciastra 78.
sciastrella 23, 86.
scopulorum 19.
semifarrea 67.
speciosa 12.
squarrosa 59.
stellaris 22, 23.
stellata 98.
stipaea 12, 58.
subbreviata 39.
subciliaris 60.
subincisa 35.
subobscura 41.
subteres 96.
superfusa 53.
tenella 22, 36, 39, 97.

tenera 28.
temuis 59, 60.
temuisecta 27.
teretiusscula 22, 96.
tremulicola 23, 82.
tribacia 22, 45, 94, 97, 99.
tubulosa 36.
turgida 52.
typica (lithotea) 79.
typica (tremulicola) 84.
ulothrix 68, 71.
ventosa 94.
venusta 54.
verrucosa 20.
virella 23, 71, 72.
Wahlenbergii 99.

Tables.

- Tab. I, fig. 1. *Physcia intermedia* var. *Wahlenbergii* LYNGE.
— 2. *Physcia caesia* * *ventosa* f. *convexa* n. f.
— 3. *Physcia caesia* * *ventosa* f. *plana* n. f.
— 4. *Physcia melops* DUF.
- Tab. II, fig. 1. *Physcia pulverulenta* f. *superfusa* A. ZAHLBR.
— 2. *Physcia intermedia* var. *stellata* LYNGE.
— 3. *Physcia tribacia* (ACH.).
— 4. *Physcia pulverulenta* var. *angustata* (HOFFM.) NYL.
- Tab. III, fig. 1. *Physcia aipolia* f. *alvophila* WAIN.
— 2. *Physcia stellaris* var. *tenera* (HAVAAS) LYNGE.
— 3. *Physcia aipolia* f. *anthelina* (ACH.) WAIN.
— 4. *Physcia stellaris* var. *rosulata* (ACH.) NYL.
— 5. *Physcia stellaris* var. *radiata* (ACH.) NYL.
-

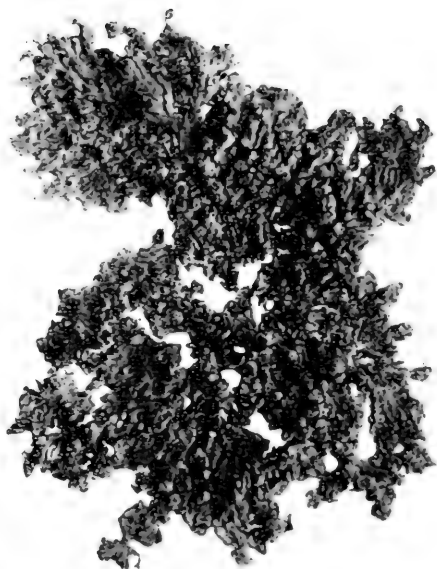
Figures in Text.

(Spores 1 : 560).

- Fig. 1. *Anaptychia fusca* (HUDS.) WAIN. (spores)
— 2 *Anaptychia speciosa* (WULF.) MASS. (spores).
— 3. *Anaptychia ciliaris* (L.) (spores and paraphysis).
— 4. *Physcia stellaris* (L.) NYL. (spores).
— 5. *Physcia ascendens* BITTER. (spores).
— 6. *Physcia tenella* var. *leptalea* (ACH.) (spores and paraphysis).
— 7. *Physcia pulverulenta* var. *allochroa* (EHRH.) TH. FR. (spores).
— 8. *Physcia lithotea* (ACH.) NYL.
— 9. *Physcia tremulicola* NYL. (plant).
— 10. *Physcia sciastrella* (NYL.) HARM. (plant).
— 11. *Physcia caesia* (HOFFM.) NYL. (spores and paraphysis).
-



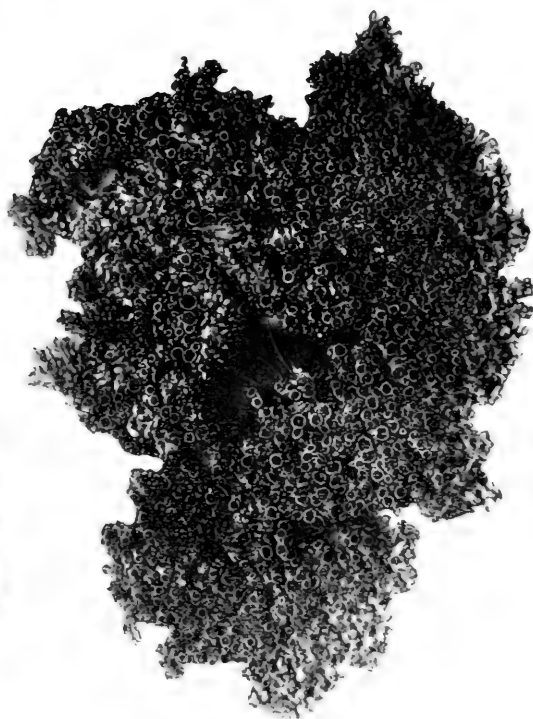
1.



2.



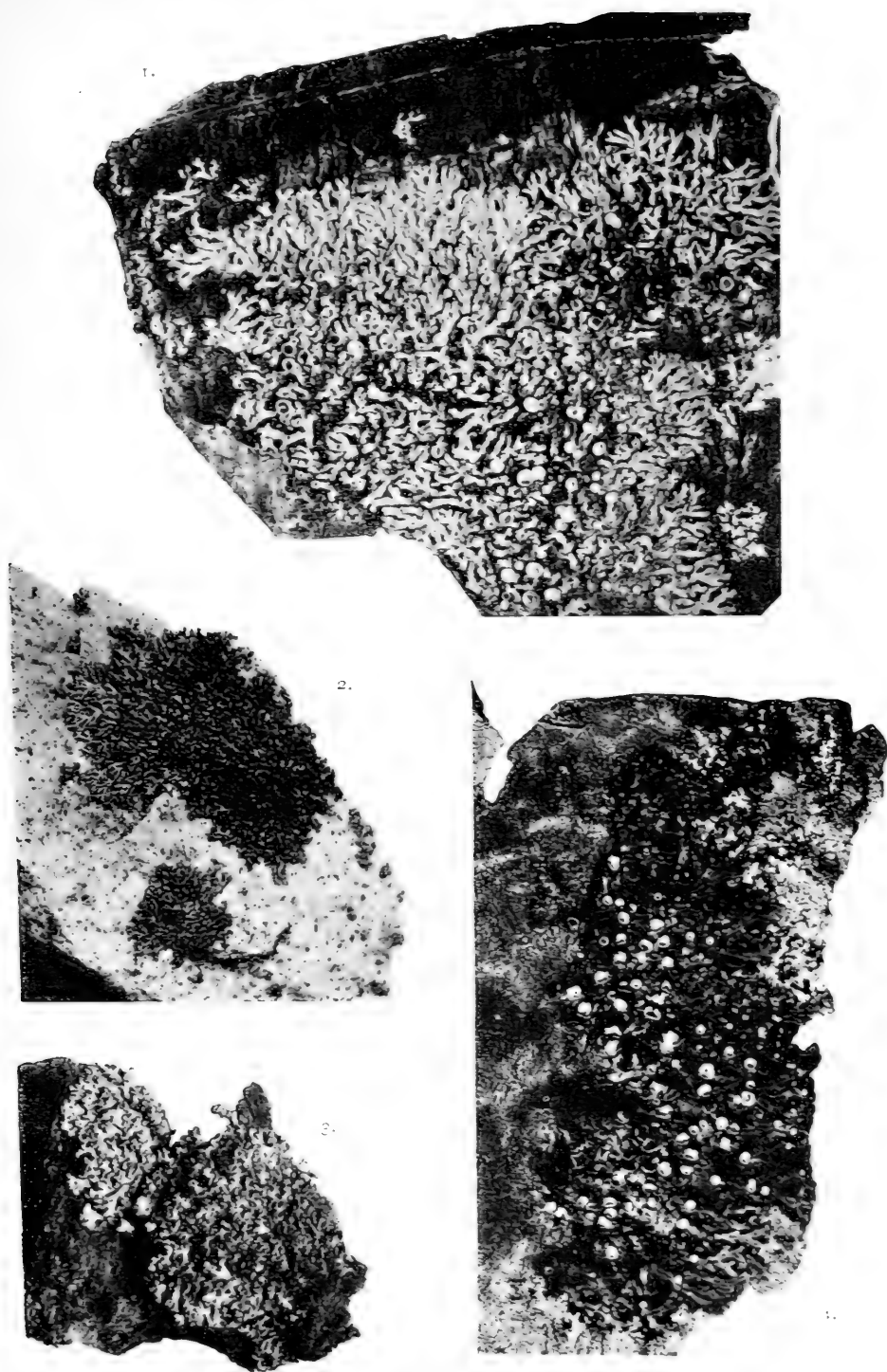
3.



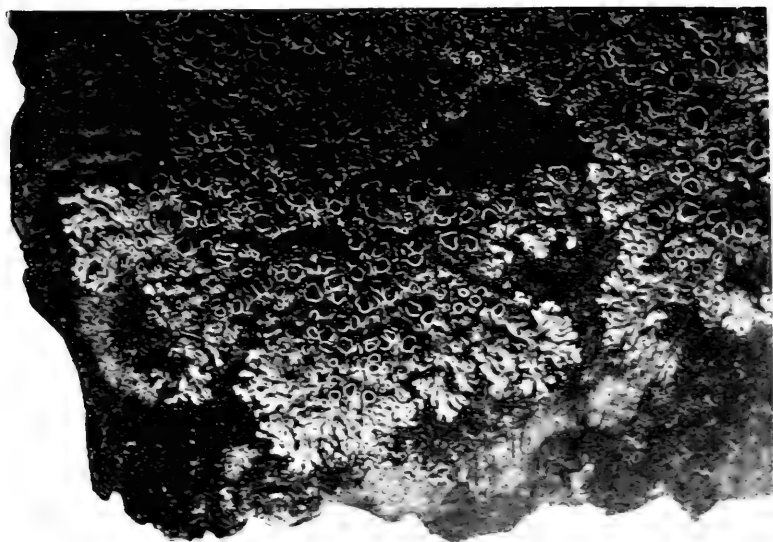
4.

1. *Physcia intermedia* var. *Wahlenbergii* LYNGB.
2. *Physcia caesia* * *ventosa* f. *convexa* n. f.
3. *Physcia caesia* * *ventosa* f. *plana* n. f.
4. *Physcia melops*. (DUF.) NYL.





1. *Physcia pulverulenta* f. *superfusa* A. ZÄHLBR
2. *Physcia intermedia* var. *stellata* LYNGE.
3. *Physcia tribacia* (ACH.).
4. *Physcia pulverulenta* var. *angustata* (HOFFM.) NYL.



1.



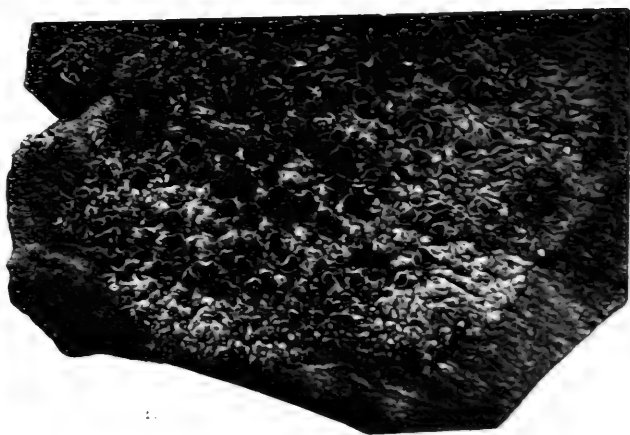
2.



3.

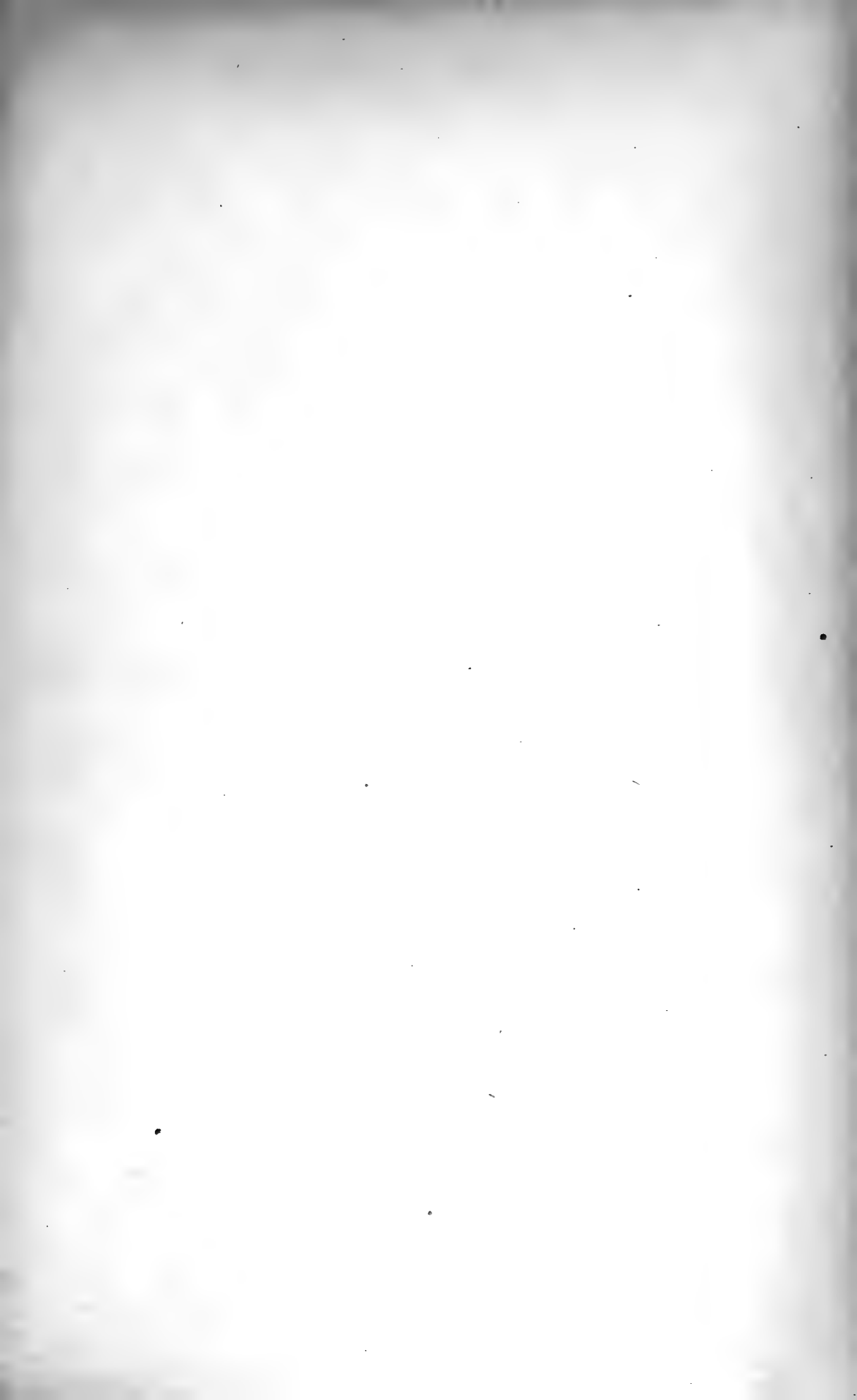


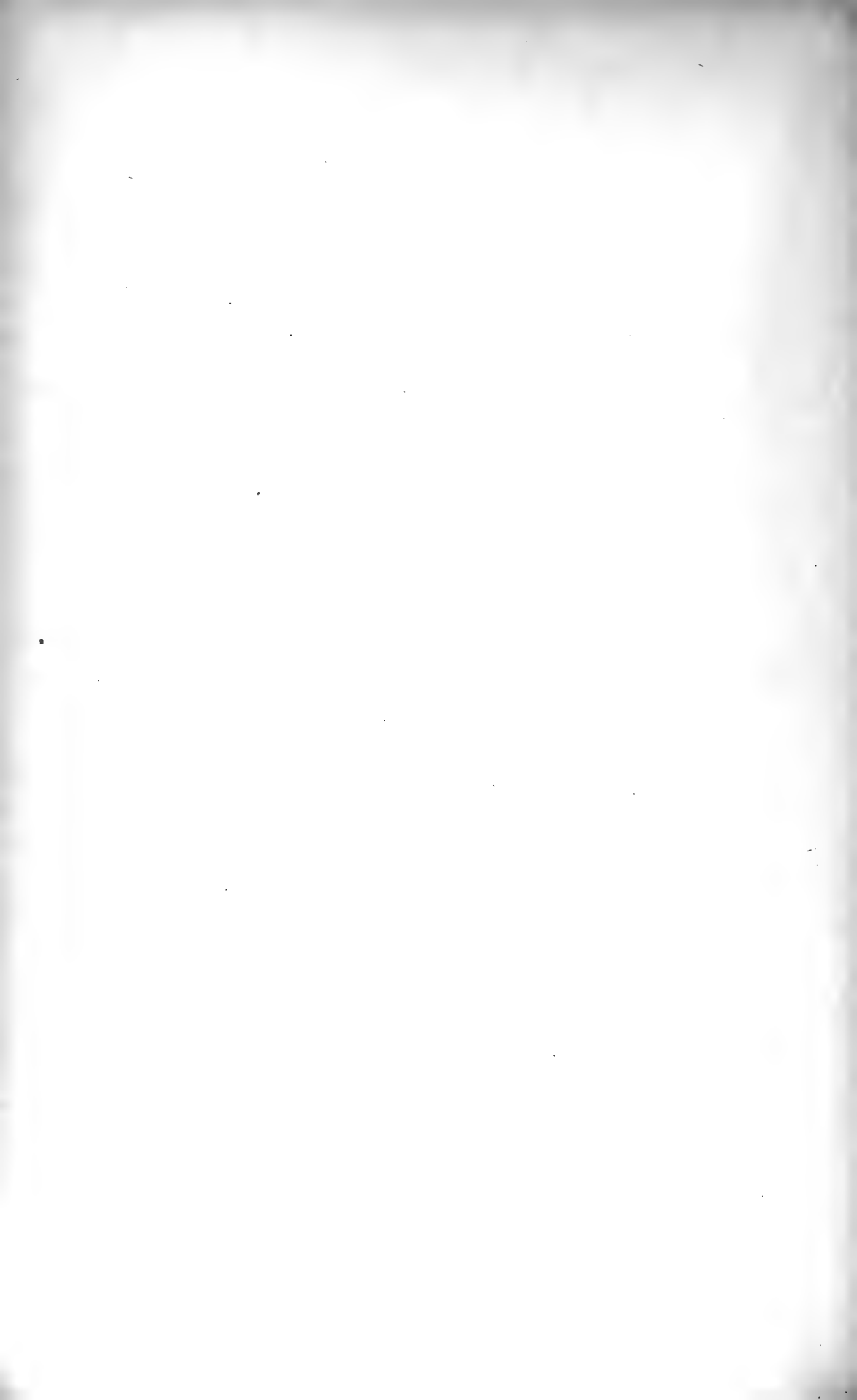
4.



5.

1. *Physcia apolva* f. *abnormis* WAIN.
2. *Physcia stellaris* var. *tenera* (HAYASHI) LYNCH.
3. *Physcia apolva* f. *anthelmia* (ACH.) WAIN.
4. *Physcia stellaris* var. *rosulata* (ACH.) NYL.
5. *Physcia stellaris* var. *rotunda* (ACH.) NYL.





TEMPERATUR-SCHWANKUNGEN DES NORDATLANTISCHEN OZEANS UND IN DER ATMOSPÄRE

EINLEITENDE STUDIEN ÜBER
DIE URSACHEN DER KLIMATOLOGISCHEN
SCHWANKUNGEN

VON

BJØRN HELLAND-HANSEN UND FRIDTJOF NANSEN

MIT 48 TAFELN UND 97 FIGUREN IM TEXT

(VIDENSKAPSELSKAPETS SKRIFTER. I. MAT.-NATURV. KLASSE. 1916. No. 9)

UTGIT FOR FRIDTJOF NANSENS FOND

KRISTIANIA
IN KOMMISSION BEI JACOB DYBWAD

1917

Fremlagt i fællesmøtet den 1ste december 1916.

Vorwort.

Bei verschiedenen ozeanographischen Arbeiten während der letzten Jahre sind wir auf eine Reihe wichtiger Fragen betreffend der Wechselwirkung zwischen Meer und Luft gestoßen, und es ist unser Plan gewesen, diese Fragen zu näherer Behandlung aufzunehmen in der Hoffnung, daß wir dadurch einen Beitrag zum Verständnis der klimatologischen Schwankungen leisten könnten.

In der vorliegenden Arbeit haben wir einige der rein ozeanographischen Verhältnisse erörtert, die für diese Probleme eine Rolle spielen, und haben auch eine Reihe von Untersuchungen über die klimatologischen Schwankungen angestellt. Ausdrücklich möchten wir jedoch hervorheben, daß diese Studien nur den ersten und einleitenden Teil einer größeren Arbeit bilden, und daß wir jetzt nicht versuchen, eine abgeschlossene Gesamtdarstellung zur Lösung der Probleme zu geben. In einer späteren Fortsetzung dieser Arbeit hoffen wir weiter in den Gegenstand eindringen zu können, der ja eine so umfassende Behandlung eines ungeheuer großen Materials voraussetzt, daß wir dieses Ziel noch nicht zu erreichen vermocht haben.

Bei unsrer Arbeit, Material aus dem Atlantischen Ozean zu sammeln, sind wir so glücklich gewesen, in Herrn ADOLF H. SCHRÖER einen interessierten und aufopfernden Mitarbeiter zu finden. Er hat wiederholt Reisen nach Hamburg unternommen, um persönlich an der Deutschen Seewarte die Arbeit mit dem Zusammenstellen des großen Beobachtungsstoffs in Gang zu setzen, der den Ausgangspunkt für unsere Untersuchungen bildet. Wir sprechen ihm hier unsren besten Dank aus für die wertvolle Hilfe, die er uns dadurch geleistet hat.

Wir wollen hier auch gleichzeitig unseren ergebensten Dank der Direktion der *Deutschen Seewarte* aussprechen für die Bereitwilligkeit, mit der sie ihre große Sammlung von Schiffstagebüchern zu unsrer Verfügung gestellt hat, sowie für den lebenswürdigen Beistand, den sie uns bei der Arbeit mit der Anfertigung der Auszüge geleistet hat.

Juni 1917.

Die Verfasser.

Berichtigungen.

- S. 7, Z. 16 v. u. lies *Fig. 44—46* statt *Fig. 45—47*.
S. 61, Z. 6 v. u. lies *40—69° W.* statt *49—69° W.*
S. 76, Z. 2—3 v. o. Die erwähnte punktierte Kurve ist nicht in Fig. 42, sondern in Fig. 43 dargestellt.
S. 82. Die Figuren sind umgetauscht.
S. 97, Z. 9 v. o. lies *Durchschnittsrichtung* statt *Normalrichtung*.
S. 124, Z. 2 v. o. lies *nach der Elimination* statt *nach der Dreijahrs-Elimination*.
S. 127, Z. 16 v. o. lies *oder 1906* statt *der 1906*.
S. 138, In der Skala rechts zuoberst auf Fig. 63 ist zweimal „o^o“ gezeichnet. Das obere o ist durch 0.5 zu ersetzen.
S. 167, Z. 22—23 v. o. lies *für Sonnenflecken etc. und der Luftdruck-Kurve* statt *besonders der Luftdruck-Kurve*.
S. 178, Z. 1 v. u. *von* muß ausgehen.
S. 179, Z. 1 v. o. lies *hervorrufen sollten* statt *hervorgerufen sein sollte*.
-

Inhalt.

	Seite
Vorwort.	III
Inhalt	V
I. Das Ziel der Untersuchungen. Das Sammeln des Beobachtungsstoffes	1
II. Das Observationsmaterial	4
III. Übersicht über das untersuchte Gebiet.	9
Die Golfstromtrift und der Labradorstrom (9). Der kalte „Keil“ südlich der Neufundlandbank (9). Verteilung der Oberflächen-Temperatur im Februar (15). Verteilung von Luftdruck und Wind im Januar und Februar (17). Verteilung der Luft-Temperatur im Februar (18). Bewölkung und Niederschlag im Februar (19). Verteilung der Oberflächen-Temperatur und Luft-Temperatur längs der Route Kanal—New-York im Februar und März-April (19). Veränderung der Temperatur während der untersuchten Dekaden (21). Unterschied zwischen den Temperaturen des Wassers und der Luft (24).	
IV. Frühere Untersuchungen der Temperatur-Schwankungen des Atlantischen Ozeans	26
O. Pettersson (26), W. Meinardus (28), H. H. Hildebrandsson (31), H. N. Dickson (34), G. Schott (35), W. Brennecke, G. Schott, L. Mecking (38), J. Hann (38), Grossmann (39), J. Petersen (41), H. Liepe (45), Engeler (47), W. Köppen (48), C. Hepworth (49), P. H. Gallé (50).	
V. Die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur	50
Temperatur-Schwankungen in den 2-Längengrad-Feldern (50), und in den 10-Längengrad-Feldern (53) des Gebietes Kanal—New-York. Geographische und zeitliche Ausbreitung der Temperatur-Schwankungen in den 4-Längengrad-Feldern des Gebietes Kanal—New-York (55). Temperatur-Schwankungen in den 10-Längengrad-Feldern des südlichen Gebiets Portugal—Azoren (59). Unterschied zwischen den Temperatur-Schwankungen in den mittleren Teilen des Ozeans und in den Teilen näher den kontinentalen Küsten (59). Durchschnittliche Temperatur-Anomalien für die ganze Breite des Nordatlantischen Ozeans und für dessen mittlere Teile (60). Temperatur-Schwankungen in den dänischen Feldern nördlich von 50° N. Br. (63).	
Schwankungen der Oberflächen-Temperaturen zur kältesten Jahreszeit mit den Schwankungen der Jahrestemperaturen verschiedener Meeresteile verglichen 65	
Ähnlichkeit der Temperatur-Schwankungen über großen Strecken des Meeres. Unterschied zwischen östlichen und mittleren Teilen des Nordatlantischen Ozeans 68	
Differenz der Temperatur-Schwankungen in den westlichen, mittleren und östlichen Teilen des Nordatlantiks. 72	
Schwankungen im Wasserstand der Nordsee- und der Ostsee-Küsten . . . 77	
Schwankungen in der Luft-Temperatur über dem Atlantischen Ozean . . . 80	
Mögliche Ursachen zu den Schwankungen in der Temperatur der Meeresfläche und der Luft. 84	

VI. Schwankungen in den einzelnen Feldern infolge der Wasserbeförderung durch die Felder hindurch	85
Die niedrigen Oberflächen-Temperaturen in den Jahren 1903 und 1904	85
Verhältnis zwischen Oberflächen-Temperatur und Lufttemperatur	88
Temperaturschwankungen in den Dekaden auf unseren Isoplethen-Diagrammen	90
Mögliche Andeutung zu Temperatur-Schwankungen in den durch die Strömung beförderten Wassermassen	91
Beweise gegen die Annahme, daß die beobachteten Temperaturschwankungen wesentlich durch Schwankungen in den Wassermassen des Stroms erzeugt werden	93
VII. Das Verhältnis zwischen der Temperatur und der Luftdruckverteilung über dem Nord-Atlantischen Ozean	94
Wirkung der Winde auf die Oberflächen-Temperaturen	94
Berechnung von Luftdruck-Gradienten und Wind-Richtung	95
Winkel zwischen den Richtungen der Isobaren und der Isothermen	97
Die gefundenen Werte der Luftdruck-Gradienten mit den Temperatur-Anomalien verglichen	99
Die Winde sind eine wesentliche Ursache der Temperatur-Schwankungen an der Oberfläche und in der Luft des Nordatlantiks	102
Die Schwankungen im Wasserstand der Ostsee als Beweis für die Wirkung der Winde auf die Schwankungen der Oberflächen-Temperatur des Nordatlantiks	107
Sind die Winde die einzige Ursache der großen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur?	109
Möglichkeit einer Verschiebung der Meeres-Ströme?	110
Einfluß der Winde auf die Luft-Temperatur über den Kontinenten	111
VIII. Die Oberflächen-Temperatur der See an der norwegischen Küste ist von den Winden abhängig	113
Wahrscheinliche Wirkung der Winde auf die Küstenwasser-Temperatur im Winter und Sommer	114
Verhältnis zwischen Luftdruck-Gradienten und Wasser-Temperatur bei Ona und Torungen	115
Verhältnis zwischen Luftdruck-Gradienten und Luft-Temperatur bei Ona, Torungen und in ganz Norwegen	118
Übereinstimmung zwischen den Temperatur-Schwankungen im Küstenwasser und in der Luft über Skandinavien. Beide von der Luftdruck-Verteilung bestimmt	120
IX. Die Periodizität in den Schwankungen der Oberflächen-Temperatur des Atlantischen Ozeans und der Luft-Temperatur des Kontinents	123
X. Frühere Untersuchungen über das Verhältnis zwischen der schwankenden Sonnentätigkeit und meteorologischen Erscheinungen auf der Erde	139
Temperatur-Schwankungen und Sonnenflecken	139
Schwankungen im Luftdruck und in der Sonnentätigkeit	159
Schwankungen in Wind und Sonnenflecken	168
Schwankungen in der Niederschlags-Menge und in den Sonnenflecken	169
Schwankungen im Wasserstand der Seen und Flüsse	171
Wachstum der Bäume	173
Bewölkung und Sonnenflecken	174
Staub in der Atmosphäre und Sonnenflecken	175
Theorien über Zusammenhang zwischen Schwankungen in der Sonnentätigkeit und meteorologischen Schwankungen	175
Anhang	179

XI. Die Schwankungen in den meteorologischen Verhältnissen in den Tropen und nördlicheren Regionen	182
Verhältnis zwischen den Temperaturen verschiedener Erdgebiete und den Sonnenflecken	182
Schwankungen der meteorologischen Elemente in Batavia	187
Temperatur-Schwankungen an verschiedenen Stationen in den Tropen und anderen Gebieten	190
Temperatur-Schwankungen in den Vereinigten Staaten	195
Plötzliche Umschläge in der Übereinstimmung zwischen den Kurven verschiedener Stationen	196
Schwankungen in verschiedenen meteorologischen Elementen	198
Die Luft-Temperatur in Stockholm	202
Schwankungen in der Luft-Temperatur in Stockholm und in der Wasser-Temperatur an der norwegischen Küste	204
XII. Das Verhältnis zwischen den meteorologischen Schwankungen und den Schwankungen der Sonnentätigkeit	205
Gefundene Perioden in den meteorologischen Schwankungen	205
Die Luftdruck-Schwankungen und die Schwankungen in der Sonnentätigkeit, Widerspruch früherer Verfasser	206
Das Verhältnis zwischen den Temperatur-Schwankungen und Schwankungen in der Sonnentätigkeit	210
Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre in Batavia	212
Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre in Fort de France	214
Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre in Stockholm	216
Die Temperatur-Schwankungen zu den verschiedenen Jahreszeiten im Küstenwasser Norwegens	219
Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre im inneren Asien	219
Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre an Liepes Station I	222
Zweiteilung der Elfsjahrs-Periode an Liepes Stationen	222
Ergebnis	224
Kein direkter Zusammenhang zwischen Schwankungen in der Sonnenstrahlung und Temperatur-Schwankungen an der Erdoberfläche	224
Jahres-Amplituden der Temperatur in Nordamerika	227
Einstrahlung und Ausstrahlung, Staub und Wolkenbildung	230
Unhaltbarkeit der Blanford'schen Hypothese durch die Verhältnisse im Indischen Ozean bewiesen	231
Gewöhnlicher Fehler vieler Verfasser	234
Verdunstung und Temperatur	235
Luftdruck-Verteilung und Sonnentätigkeit	236
Luftdruck-Differenz Colombo-Hyderabad	237
Schwankungen des NO-Passates und der Oberflächen-Temperatur	240
Die Luftdruck-Differenzen des Nordatlantiks und die Temperatur-Schwankungen	241
Luftdruck in Stykkisholm und Temperatur in Stockholm	249
Schwankungen in den Luftdruck-Gradienten und in der Sonnentätigkeit	250
8-monatliche Periode in den Sonnenflecken und in der Luftdruck-Differenz über dem Nordatlantik	255
Zweijahrs-Periode in den Sonnenflecken und in der Temperatur Skandinaviens	256

	Seite
Mögliche Einjahrs-Periode in den Sonnenflecken	258
Verschiedene Perioden	259
Sekuläre Schwankungen in der Sonnentätigkeit und in den meteorologischen Verhältnissen	259
Inniger Zusammenhang zwischen den Schwankungen in der Sonnentätigkeit und in den meteorologischen Elementen	260
Schlusswort	261
Litteraturverzeichnis	262
Tabellen	270
1 IV. Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen für 2-Längengrad-Felder, Kanal—New-York	270
2 IV. Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen für 10-Längengrad-Felder, Kanal—New-York	282
3 IV. Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen für 10-Längengrad-Felder, Portugal bis 40° W. Lg.	283
4 IV. Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen für (dänische) Felder zwischen 50° und 64° N. Br. und 0° und 40° W. Lg.	285
5 IV. Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen für (dänische) 10-Längengrad-Felder im nordöstlichen Atlantischen Ozean	290
6 L. Abweichungen der Lufttemperaturen für 2-Längengrad-Felder, Kanal—New-York	292
7 L. Abweichungen der Lufttemperaturen für 10-Längengrad-Felder, Kanal—New-York	304
8 L. Abweichungen der Lufttemperaturen für 10-Längengrad-Felder, Portugal bis 40° W.-Lg.	305
9 IVL. Abweichungen der Differenz: Oberflächen-Temperatur minus Lufttemperatur für 2-Längengrad-Felder, Kanal—New-York	307
10 IVL. Abweichungen der Differenz: Oberflächen-Temperatur minus Lufttemperatur für 10-Längengrad-Felder, Kanal—New-York	313
11 IVL. Abweichungen der Differenz: Oberflächen-Temperatur minus Lufttemperatur für 10-Längengrad-Felder, Portugal bis 40° W.-Lg.	314
12 D. Isobaren-Richtung und Druckgradient für 10-Längengrad-Felder, Kanal—New-York	315
13 D. Isobaren-Richtung und Druckgradient für 10-Längengrad-Felder, Portugal bis 40° W.-Lg.	318
14 D. Isobaren-Richtung und Druckgradient für (dänische) 10-Längengrad-Felder im nordöstlichen Atlantischen Ozean	322
15 D. Isobaren-Richtung und Druckgradient für Lienes Stationen	324
16 D. Isobaren-Richtung und Druckgradient an verschiedenen Küsten-Stationen	326
17 D. Abweichungen der Luftdruck-Differenz zwischen dem azorischen Maximum und dem isländischen Minimum	330
18 L. Abweichungen der Lufttemperaturen in vier Gebieten der Vereinigten Staaten Nordamerikas	331
19 M. Monatsmittel der täglichen Variation der magnetischen Deklination in Kristiania	335
20 S. Monatsmittel der täglichen Anzahl der Sonnen-Protuberanzen	336
Erklärung der Tafeln	338

I. Das Ziel der Untersuchungen. Das Sammeln des Beobachtungstoffes.

Früher [1909] haben wir gefunden, daß die Atlantischen Wassermassen (mit einem Salzgehalt von mehr als 35 ‰) im Atlantischen Strome des Norwegischen Meeres von Jahr zu Jahr großen Temperaturschwankungen unterworfen sind. Diese Schwankungen konnten unserer Mutmaßung nach ihre Erklärung finden entweder durch verschiedene Mischungsverhältnisse zwischen den Wassermassen aus dem Atlantischen Meeresstrom, der durch die Færø-Shetlands-Rinne (und auch nördlich der Færøer Inseln) zuströmt, und denjenigen aus dem Ostisländisch-Arktischen Strom — oder aber durch Schwankungen in den Wassermassen des Atlantischen Meeresstroms selbst veranlaßt sein, vor dessen Eintritt in das Norwegische Meer.

Um der Entscheidung dieser Fragen näher zu kommen, hielten wir es für wünschenswert, die möglichen Schwankungen von Jahr zu Jahr in der Temperatur des Nordatlantischen Meeres und deren Ursachen zu untersuchen.

Leider liegt aber nicht genug Beobachtungstoff für eine längere Reihe von Jahren für die tieferen Wasserschichten im Atlantischen Ozean vor. Es war deshalb fraglich, ob die zahlreichen Oberflächen-Beobachtungen für unseren Zweck genügten.

Wie früher bereits von mehreren Forschern nachgewiesen worden ist, reicht die vertikale Konvektion im Winter im Nordatlantischen Ozean bis zu sehr großen Tiefen hinab [vgl. NIELSEN 1907, S. 10 ff., NANSEN 1913, S. 18 ff. u. a.]. Etwas Ähnliches fand auch HELLAND-HANSEN im Norwegischen Meer auf einer Februar-Expedition im Jahre 1903; wenn auch selbstverständlich die vertikale Konvektion hier nicht bis zu so großer Tiefe reicht, wie im Nordatlantischen Ozean, so fand er doch trotzdem gleichartige Temperatur und gleichen Salzgehalt bis hinab zu verhältnmäßig tiefen Schichten unter der Oberfläche. Isothermen sowohl wie Isohalinen bekommen in den Schnitten eine sehr steile, fast vertikale Stellung, was

teilweise dadurch begründet ist, daß die vertikale Konvektion die Unterschiede ausgleicht [vgl. HELLAND-HANSEN und NANSEN 1909, S. 229], und teilweise durch die laterale Oszillation im Sommer und Winter bedingt ist [vgl. 1909, S. 227].

Es wäre deshalb zu erwarten, daß man während des kältesten Teils des Winters und gegen dessen Ende hin die Oberflächen-Temperatur als Indikator für die Wärmeverhältnisse der Wassermassen selbst bis hinab zu ziemlich großen Tiefen benutzen könnte. Man sollte demnach erwarten, daß die jährlichen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Meeres während des kältesten Teils des Winters den Schwankungen in der Winter-temperatur der darunter liegenden tieferen Wasserschichten entsprechen. Wenn das in der Tat zutreffen sollte, würde also ein Studium der Oberflächen-Temperatur der Meere während des Winters sehr wichtige Winke über die Schwankungen in der Temperatur der Wassermassen, die von den verschiedenen Strömungen mitgeführt werden, liefern können.

Bei unserm Wunsche, eine derartige Untersuchung der Oberflächen-Temperatur des Atlantischen Ozeans anzustellen, war es natürlich, daß unsere Aufmerksamkeit auf den viele Jahre umfassenden Beobachtungsstoff gerichtet wurde, der sich in der umfangreichen Sammlung von Schiffstagebüchern der Deutschen Seewarte vorfindet. Unser Mitarbeiter, Herr ADOLF H. SCHRÖER, unterzog sich deshalb der Aufgabe, nach Hamburg zu reisen, um sich dort die wünschenswerten Auszüge aus den Schiffstagebüchern der Deutschen Seewarte zu verschaffen. Hierbei erhielt er durch das lebenswürdige Entgegenkommen der Direktion und der Angestellten der Seewarte lebhafte Unterstützung, so daß er seine Aufgabe in bester Weise lösen konnte.

Für die Auswahl des zu untersuchenden Meeresgebiets gab die Menge des Beobachtungsstoffes den Ausschlag. Die Wahl fiel also auf die stark befahrene Schifffahrtstraße zwischen dem Englischen Kanal und New-York [siehe Fig. 1 und Tafel XV]. Die Beobachtungen der Luft- und Oberflächen-Temperaturen wurden somit für die Jahre 1898 bis 1910 gesammelt und in Tabellen nach *Eingrad-Feldern* geordnet. In die Tabellen wurden so viele Beobachtungen als sich ausfindig machen ließen, überwiegend solche von Dampfschiffen, aber auch solche von Segelschiffen, aufgenommen.

In den Tabellen wurden ferner die Beobachtungen dekadenweise zusammengestellt. Wir wählten zuerst die drei Dekaden am Ende des Winters vom 15. März bis 13. April. Hierbei fanden wir ausgeprägte jährliche Schwankungen, die eine Untersuchung wünschenswert machten, um festzustellen, ob diese nach Zeit und Meeresgebiet einen größeren Umfang hatten.

Wir ließen deshalb die Beobachtungen über die Luft- und Oberflächen-Temperaturen aus demselben Meeresstrich für die kältesten Jahreszeiten, also für 3 Dekaden vom 3. Februar bis 4. März, zusammenstellen und ließen außerdem für diese 3 Dekaden eine möglichst große Anzahl von Beobachtungen über Luft- und Oberflächen-Temperaturen aus einem südlicheren Gebiet, und zwar zwischen Portugal und dem Meere westlich der Azoren, sammeln. Dieses Gebiet erstreckt sich vom 10° bis 40° W. und vom 37° bis 45° N. [siehe Fig. 1 und Tafel XV].

Herr ADOLPH SCHROER hat uns einen Bericht über die zuerst ausgeführte Zusammenstellung des Beobachtungsmaterials (15. März bis 13. April) gegeben. Aus diesem Berichte sei hier das folgende wiedergegeben: Die Auszüge — Lufttemperatur und Wassertemperatur, zusammen als je eine Beobachtung gerechnet, — brachten die nachfolgenden Zahlen:

Jahr	1898	1899	1900	1901	1902	1903	
Beobachtungen	782	878	817	825	1174	868	
Jahr	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
Beobachtungen	1215	2229	2293	2382	2167	2663	2122

— zusammen 20415 Beobachtungen.

Es ist somit ersichtlich, daß in der Anzahl der in den Jahren vor und nach 1905 gemachten Beobachtungen ein Unterschied besteht. Der Grund hierfür besteht darin, daß bis 1904 in der Hauptsache nur 8 h. am. und 8 h. pm. Beobachtungen eingetragen worden sind, während nach dieser Zeit ausschließlich Journale geführt wurden, bei denen nach Schluß jeder vierstündigen Wache Beobachtungen Eintragung fanden.

Das vorhandene Material an Schiffstagebüchern ist ein sehr ungleichmäßiges; früher begnügte sich die Seewarte mit Angaben auf 1° oder $0,5^{\circ}$, später wurde die Angabe auf $0,1^{\circ}$ genau verlangt. Laut mehrfachen Aussagen werden auf vielen Schiffen die Beobachtungen für das meteorologische Journal nicht von den Offizieren, sondern von den Matrosen gemacht. Daß dadurch das Schätzen der Zehntel-Grade nicht an Genauigkeit gewinnt, ist wohl kaum zweifelhaft. Sehr ungleichmäßig sind auch die gebrauchten Thermometer; in vielen Journalen finden sich überhaupt keine Angaben über die gebrauchten Instrumente. Bei den Thermometern, bei denen Korrekturen angegeben sind, finden sich meist nur wenige und in großen Intervallen, z. B. nur bei 0° und bei 20° . Bei vielen Thermometern werden die Korrekturen unzulässig groß, bis zu 1° und darüber; dabei lassen die Angaben erkennen, daß es sich um ganz unzuverlässiges Material handelt. Wollte man alle Journale, für die schlechte Thermometer

gebraucht worden sind, ausschalten, so würde von den benutzten noch 30—50 % wegfällen. Ich habe daher nur diejenigen Journale als unbrauchbar ausgeschaltet, für deren Angaben Thermometer gebraucht wurden, bei denen zwischen 0° und 20° eine höhere Korrektur als $0,5^{\circ}$ angegeben war. Bei allen Thermometern, die nur auf 1 oder $0,5^{\circ}$ genau abgelesen waren, sind die kleinen Korrekturen nicht berücksichtigt worden; nur bei den Angaben mit $0,1^{\circ}$ Genauigkeit wurden die Korrekturen angebracht.

II. Das Observationsmaterial.

Da die Zahl der Beobachtungen aus Eingrad-Feldern in den verschiedenen Dekaden oft ziemlich gering ist, fanden wir es zweckmäßig, für den Beobachtungsstoff aus dem nördlichen Strich die einzelnen Beobachtungen zu Feldern von der Größe eines Breitengrades und 2 Längengrade (Zweigrad-Felder) zusammenzufassen.

Für jedes dieser Zweigrad-Felder haben wir die mittlere Temperatur in den beiden Dekadengruppen: 3. Februar—4. März und 15. März bis 13. April berechnet. Wie man später (Kap. III) sehen wird, ist der wirkliche Unterschied in den mittleren Temperaturen für das ganze Gebiet ziemlich klein für die einzelnen Dekaden. Da aber die Zahl der Beobachtungen in einzelnen Dekaden oft sehr klein ist, würde man eine weniger zuverlässige Mittelzahl für die zwei Dekadengruppen erhalten, wenn man die Mittelzahl aus den mittleren Temperaturen der einzelnen Dekaden berechnete, anstatt als einfaches Mittel sämtlicher Beobachtungen in jeder Dekadengruppe. Wir haben deshalb immer die Gruppen-Mittelzahlen als Mittel aller Beobachtungen berechnet, ohne Rücksicht auf ihre Verteilung auf die einzelnen Dekaden. Die so berechneten Werte der Oberflächentemperaturen findet man auf den Karten (Tafel I—XIV) wiedergegeben, wo auch die Anzahl der Beobachtungen für jedes Feld angeführt ist.

In vielen Feldern ist der Beobachtungsstoff so unzureichend, daß die gefundenen Werte selbst für die Dekadengruppen zweifelhaft werden; er würde sich somit jedenfalls nicht zur Berechnung der mittleren Temperatur in den einzelnen Dekaden benutzen lassen. Indessen findet sich eine Reihe von Zweigrad-Feldern längs der Route Kanal—New-York, wo die Zahl der Beobachtungen auch zu diesem Zweck hinreichend groß ist. Diese Felder sind durch Schraffierung auf Fig. 1 (und auf Tafel XV) gekennzeichnet. Bei ihnen haben wir also die Mittelwerte sowohl für die einzelnen Dekaden berechnet, wie auch für sämtliche Beobachtungen innerhalb je drei

und drei Dekaden. Der Beobachtungsstoff für diese Felder ist durchgehends besonders umfassend, da die Zahl der Beobachtungen in jeder Dekadengruppe in den wenigsten Fällen geringer als 20 ist; dies gilt namentlich für die späteren Jahre, nach 1904, wo die Anzahl häufig 40, ja 50 in der Dekadengruppe beträgt.

In dem südlichen Beobachtungsgebiet (zwischen 10° und 40° W.-Lg. und 37° und 45° N.-Br.) fallen die Beobachtungen — wie die Karten

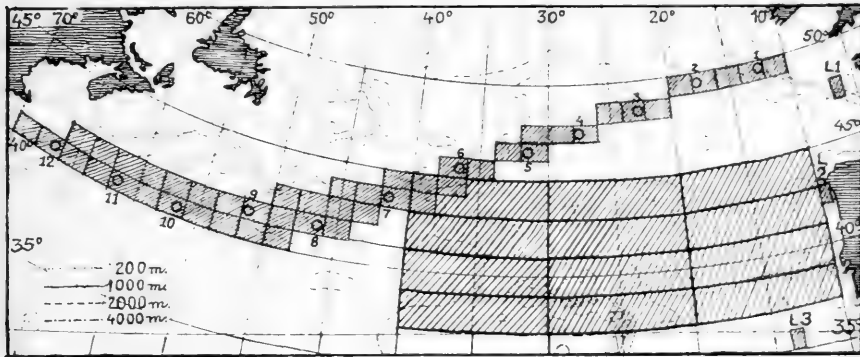


Fig. 1. Die Zweigrad-Felder der Beobachtungen (schraffiert) längs der Route Kanal-New-York, und die südlicheren 10-Längengrad-Felder zwischen 10° und 40° W.-Lg. Die runden Ringe mit den Zahlen 1 bis 12 geben J. Petersens Stationen (Eingrad-Felder) an, und die schraffierten Eingrad-Felder mit den Zahlen L 1 bis L 3, die Liepes Stationen.

(Tafel I—XIV) zeigen — so verstreut, daß die Mitteltemperaturen, die sich für Zweigrad-Felder berechnen lassen, sehr unzuverlässig werden. Für dieses Gebiet, in dem die örtlichen Temperaturunterschiede verhältnismäßig gering sind, haben wir deshalb die Beobachtungen zu größeren Feldern von je zwei Breitengraden und zehn Längengraden zusammengefaßt. Diese 10-Längengrad-Felder sind auf Fig. 1 (siehe auch Tafel XV) durch Schraffierung kenntlich gemacht.

Mit Hilfe der gefundenen Mitteltemperaturen für die Dekaden und Dekadengruppen jedes Jahres haben wir die Normaltemperaturen der Oberfläche und der Luft für jedes der gewählten Felder berechnet (im ganzen 60 Felder, 48 nördliche 2-grad-Felder und 12 südliche 10-Längengrad-Felder). Zu dieser Berechnung haben wir jedoch nur die Werte für die 11 Jahre von 1900 bis 1910 benutzt, da der Beobachtungsstoff für die zwei ersten Jahre (1898 und 1899) nicht befriedigend ist. Schließlich wurden die Anomalien für die einzelnen Dekaden und Dekadengruppen jedes Jahres berechnet. Diese Anomalien findet man in Tab. 1W, 3W, 6L und 8L, wo auch die Normaltemperaturen für Wasser und Luft angeführt sind.

Was nun den Wert der Temperatur-Beobachtungen in unserem Material anlangt, so muß man einräumen, daß dieser oft ein mittelmäßiger ist.

Dies gilt für die Temperaturen der Oberfläche und in noch höherem Grade für diejenigen der Luft. Die Ablesungen, auch diejenigen der Wassertemperaturen, sind oft nur in ganzen Graden vorgenommen worden, manchmal auch in halben Graden, und die Genauigkeit selbst dieser Ablesungen erscheint oft ziemlich zweifelhaft. An einzelnen Stellen sind die angegebenen Temperaturen unmöglich, wie z. B. Wassertemperaturen von -3°C. oder sogar -4°C. ! Eine Erklärung dieser Fehler ist schwer zu geben, es scheint aber als ob an mehreren Stellen die Oberflächen- und die Luft-Temperatur vertauscht seien. Wir haben deshalb offenkundig falsche Beobachtungen weggelassen. In den Tabellen 1W, 3W, 6L und 8L sind die berechneten Mittelwerte in solchen Fällen mit Kursivschrift hervorgehoben.

In einzelnen Fällen, wo Beobachtungen gänzlich gefehlt haben, oder wo die berechneten Mittelwerte wegen einer zu geringen Beobachtungszahl unwahrscheinlich sind, haben wir neue Werte durch Interpolation gebildet, wobei sowohl die Temperaturverhältnisse in derselben Dekade (oder in derselben Gruppe von drei Dekaden) in den Nachbarfeldern zu beiden Seiten berücksichtigt worden sind, als auch die jährlichen Wechsel in diesen Nachbarfeldern. Die auf diese Weise gebildeten wahrscheinlichen Werte sind in Tabelle 1W, 3W, 6L, und 8L zwischen Klammern eingeschlossen.

Trotz der Mängel, die unserem Beobachtungsstoff anhaften — sowohl was die Zahl wie auch die Zuverlässigkeit der Beobachtungen anlangt — scheinen die gefundenen Werte für die Oberflächen-Temperatur die wirklichen Verhältnisse gut darzustellen.

In den Isoplet-Diagrammen (unten rechts auf Tafeln XVII—XLI), die die Ausbreitung der Plus- und Minus-Anomalien sowohl zeitlich (von Dekade zu Dekade) wie räumlich (von Feld zu Feld) zeigen, sehen wir, daß in den aller meisten Fällen ein gewisser Zusammenhang oder ein gewisses System in der Verteilung der Anomalien besteht. Es kommt verhältnismäßig selten vor, daß eine Minus-Anomalie losgerissen zwischen Plus-Anomalien, oder auch umgekehrt, auftritt. Am häufigsten gehen die Veränderungen in den Vorzeichen der Anomalien und in ihrer Größe gradweise vor sich, von Feld zu Feld und von Dekade zu Dekade. Schon das deutet darauf hin, daß unsere Mittelzahlen den wirklichen Verhältnissen gut entsprechen, selbst sogar für die einzelnen Dekaden. Selbstverständlich ist dies in noch höherem Grade bei denjenigen Werten der Fall, die das Mittel aller Beobachtungen für je drei und drei Dekaden bilden. Dies ist unschwer aus der graphischen Kurven-Darstellung dieser Werte zu erkennen.

Die Kurven für die einzelnen Felder im östlichen Teil unseres Gebiets bis zu ungefähr 50°W.-Lg. stimmen in allen wesentlichen Zügen erstaun-

lich gut miteinander überein und verändern sich gradweise von Feld zu Feld in einer Weise, die zeigt, daß sie den wirklichen Verhältnissen tatsächlich entsprechen müssen und demnach keine zufälligen sein können (siehe Fig. 16—19). Daß die Übereinstimmung weniger hervortretend ist im westlichen Teil, beruht auf Verhältnissen, die wir später erörtern werden.

Unser Beobachtungsstoff an Luft-Temperaturen ist mangelhafter als das Oberflächen-Material, und zwar wesentlich aus 3 Gründen: erstens sind die einzelnen Bestimmungen wie gewöhnlich weniger befriedigend; ferner wird sich die tägliche Amplitude, die wir nicht berücksichtigen konnten, hier noch viel stärker als bei der Wasser-Temperatur geltend machen und schließlich liefert eine begrenzte Anzahl Luft-Beobachtungen weniger zuverlässige Werte, als solche an Wasser angestellte. Zur Berechnung der Durchschnittstemperaturen stand außerdem in mehreren Fällen eine etwas geringere Anzahl von Luft-Beobachtungen im Vergleich zu den Wasserbeobachtungen zur Verfügung, da der Oberflächen-Temperatur nicht immer ein Wert für die Luft-Temperatur beigelegt war. Allerdings war dafür andererseits öfters die Luft-Temperatur angeführt ohne die dazugehörige Oberflächen-Temperatur, aber derartige Beobachtungen haben wir ausgeschaltet.

Trotzdem geht aus unseren graphischen Darstellungen hervor, daß die für die Luft-Temperaturen gefundenen Werte die wirklichen Verhältnisse überraschend gut darstellen, selbst für die einzelnen Zweigrad-Felder im östlichen Teil des Gebietes. Aus Raumrücksichten haben wir keine entsprechenden Kurven für die Luft-Temperatur in den einzelnen Zweigrad-Feldern wie für die Oberflächen-Temperatur (Fig. 16—19) gezeichnet. Dagegen haben wir in Fig. 45—47 eine Zusammenstellung von Oberflächen-Temperatur minus Luft-Temperatur für die einzelnen Felder gegeben. Diese Kurven zeigen eine so gute gegenseitige Übereinstimmung und eine so auffallend übereinstimmende, gradweise Veränderung von Feld zu Feld, daß sie — und folglich auch die Werte für die Luft-Temperatur — als den wirklichen Verhältnissen entsprechend angesehen werden müssen.

Um womöglich einen Vergleich zwischen den von uns gefundenen Schwankungen im Nordatlantischen Ozean südlich von 50° N. und den Temperaturschwankungen in den nördlicher liegenden Gebieten dieses Meeres anstellen zu können, haben wir die monatlichen Oberflächen-Temperaturen benutzt, die von dem Dänischen Meteorologischen Institut für das Meer nördlich von 50° N. in »Nautisk-Meteorologisk Aarbog« Kopenhagen (Nautical-Meteorological Annual, published by the Danish Meteorological Institute) veröffentlicht sind.

Längs der dänischen Dampferrouen nördlich von Schottland nach New-York, Island und Grönland sind auf diesen Karten, für den von uns

untersuchten Zeitraum von 1898 bis 1910, die durchschnittlichen Halbmonats-Temperaturen für jedes Eingrad-Feld angegeben, und zwar eine für die erste Hälfte jedes Monats und eine für die zweite Monathälfte. Für die Jahre nach 1911 ist bloß die Mitteltemperatur für den ganzen Monat für jedes Feld angeführt; aber dafür findet man dort auch eine kleine Zahl, die angibt, auf wie viele Beobachtungen sich jeder dieser Werte gründet. Leider ist die Anzahl der Beobachtungen in jedem Monat für jedes dieser Felder sehr gering. Dies gilt besonders von den von uns untersuchten Monaten, Februar bis April, wo die Anzahl der Beobachtungen für jedes Feld sehr oft nur zwischen 1 und 4 oder 5 Beobachtungen beträgt. Den Temperaturen für die einzelnen Felder kann man deshalb keinen hohen Grad von Zuverlässigkeit beimessen.

Um die Zufälligkeiten weniger vorherrschend zu machen, haben wir je 2 und 2 Eingrad-Felder zusammengefaßt, also zu Feldern, die zwei Längengrade in der Breite und einen Breitengrad in der Höhe messen. Für die auf diese Weise erhaltenen Felder haben wir die monatlichen Mitteltemperaturen für den Zeitraum von 1898 bis 1910, und zwar für den Monat Februar, sowie für die zweite Hälfte des März und die erste Hälfte des April ausgerechnet, also für den Zeitraum 16. März bis 15. April, der unserer letzten Dekadengruppe (15. März bis 13. April) entsprechen sollte. Wir berechneten ferner die durchschnittlichen Mittelwerte aller Mitteltemperaturen für jedes Zweigrad-Feld für Februar und für März-April für die Jahre 1900 bis 1910 genau nach demselben Muster, wie wir es beim Beobachtungsmaterial weiter südlich gehandhabt hatten, und benutzten die so gefundenen Mittelwerte als Normale für jedes Feld. Dadurch erhielten wir die Anomalien für jedes Feld für Februar und für den Zeitraum 16. März bis 15. April für jedes Jahr.

Die so gefundenen Anomalien können leider nicht für sehr zuverlässig gelten, da sie sich, selbst innerhalb der Zweigrad-Felder, auf zu wenige Beobachtungen gründen. Dadurch daß wir aber das Mittel der Anomalien für sämtliche Zweigrad-Felder innerhalb jedesmal 10 Längengraden ausgerechnet haben, können wir erwarten, zuverlässigere Werte zu erhalten, die besser den wirklichen Werten entsprechen, da die Zufälligkeiten dadurch wenigstens bis zu einem gewissen Grade wegeliminiert sind.

Auf diese Weise wurden die mittleren Anomalien für vier 10-Längengrad-Felder längs der Route nördlich um Schottland herum bis nach New-York ausgerechnet, und zwar innerhalb der Zonen zwischen 40° und 30° W.-Lg., 30° und 20° W.-Lg., 20° und 10° W.-Lg. und zwischen 10° und 0° W.-Lg. Zu diesen 10-Längengrad-Feldern haben wir nur diejenigen 2-Längengrad-Felder benutzt, innerhalb deren die Beobachtungen in den

meisten Jahren einigermaßen vollständig waren. Die Felder können für Februar und für März-April etwas verschieden sein. Sie sind, ebenso wie die gefundenen Temperaturwerte, in Tabelle 4W angegeben und auf Tafel XV (21—24) durch Schraffierung kenntlich gemacht.

Längs der Routen nach den Färöer Inseln und Island haben wir ebenfalls in ähnlicher Weise die Temperatur-Anomalien für größere Felder, für die genügend viele Beobachtungen vorlagen, festgestellt. Die Felder sind auf der Karte, Tafel XV (25—27), durch Schraffierung bezeichnet, und in Tabelle 4W über die Temperaturwerte angegeben. — Da das Beobachtungsmaterial im März-April beträchtlich erschöpfender war, konnten mehr Felder für diesen Zeitraum berücksichtigt werden, als für den Monat Februar. Im März-April hatte auch die Fahrt nach Grönland bereits begonnen, und wir konnten die Temperatur-Anomalien für einige Felder längs dieser Route zwischen 60° und 61° N.-Br. und westwärts von 20° bis zu 28° W.-Lg. noch ergänzend berechnen (siehe Tabelle 4W und Tafel XV. 28).

Schließlich lagen auch in den Feldern zwischen 0° und 3° W.-Lg. und zwischen 56° und 57° N.-Br. an der Westküste Schottlands so viele Beobachtungen vor, daß wir auch für dieses Feld die Temperatur-Anomalien berechnen konnten (siehe Tabelle 4W und Tafel XV, 29). Diese Werte können aber nicht als sehr zuverlässig angesehen werden, wegen der geringen Anzahl der vorliegenden Beobachtungen.

III. Übersicht über das untersuchte Gebiet.

Der größte Teil unseres Untersuchungsgebietes wird von der großen ozeanographischen Erscheinung beherrscht, die unter dem Namen der »Golfstromtrift« geht. Die Hauptzüge der Stromverhältnisse an der Oberfläche nach der allgemeinen Auffassung gibt Fig. 2 wieder, jedoch nur in angenäherten Verhältnissen. Von großer Bedeutung, besonders für die Verhältnisse in einzelnen Teilen des Untersuchungsgebietes, ist auch der Labradorstrom, der mit seinem kalten Wasser südwärts an Neufundland vorbeifließt.

Ein für unsere Erörterung wichtiger Zug in den hydrographischen Verhältnissen geht aus der Karte Fig. 2 (siehe auch Fig. 3) nicht hervor. Südlich der Neufundlandbank, an der Stelle zwischen 48° und 50° W.-Lg. drängt sich ein auffällender »Keil« von kaltem Wasser südwärts in den Golfstrom hinein (Fig. 5 u. 6). Gerade in diesem Meeresstrich treten auch die Eisberge besonders dicht im Frühjahr und Sommer auf (Fig. 3 u. 4). Unterhalb dieses »Keils« ist das Wasser bis hinab zu bedeutenden Tiefen

viel kälter, als das Wasser zu beiden Seiten des »Keils«, da die kalten Unterschichten gegen die Oberfläche hochgehoben sind, eine Feststellung, die wir der Michael Sars-Expedition im Jahre 1910 verdanken. Dieser kalte »Keil« in den warmen Wassermassen des Golfstroms kommt auf

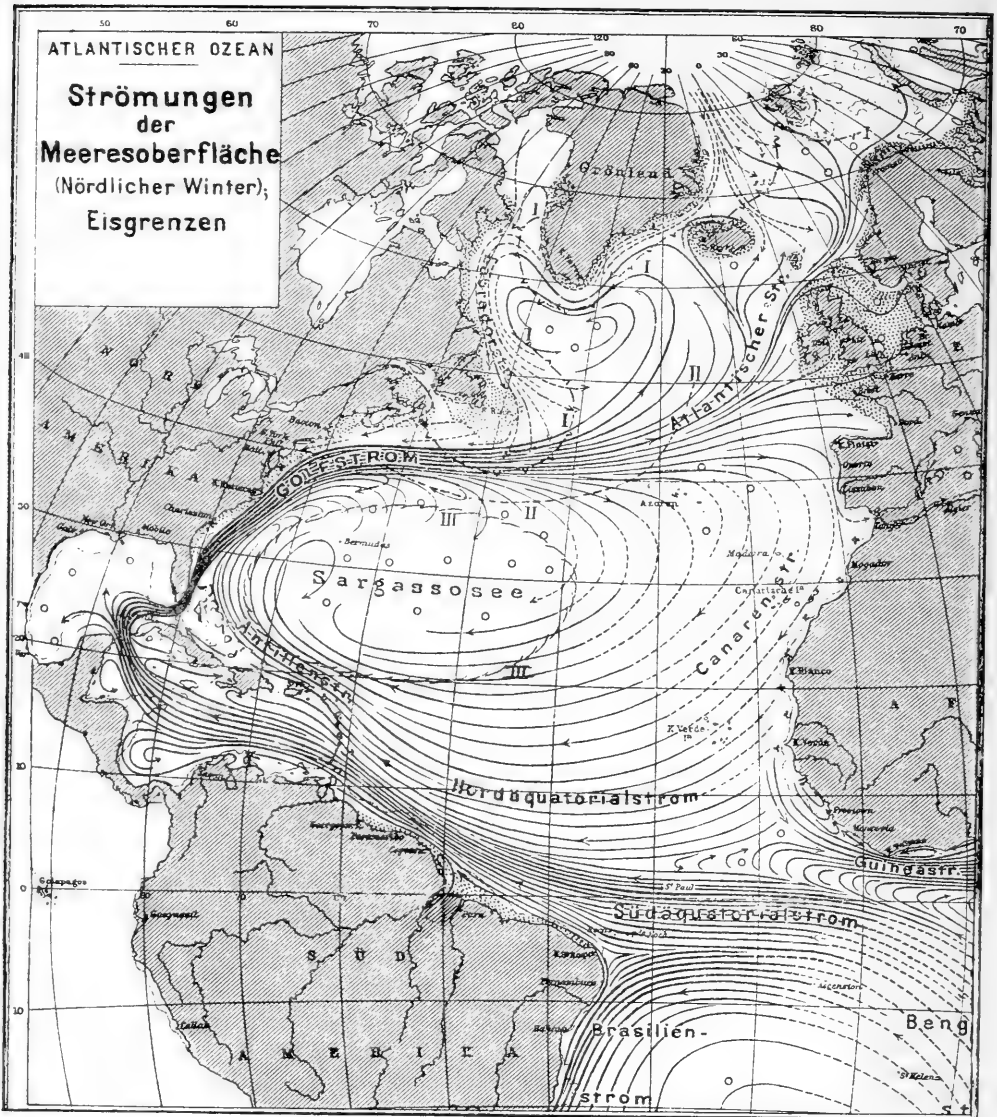


Fig. 2. Die Oberflächen-Strömungen des Atlantischen Ozeans im nördlichen Winter, nach Schott: Geographie des Atlantischen Ozeans. Die voll ausgezogenen Linien stellen warme Strömungen dar, die gestrichelten Linien kalte od. kühle Strömungen, Punktierung Gegenden mit vorwiegenden Gezeitenströmungen, Runde Ringe Gegenden häufiger Stromstillen, Kreuze Gegenden mit aufquellendem kaltem Tiefenwasser. Kurve I gibt die mittlere Grenze des Treibeises und der Eisberge an, Kurve II die äußere Grenze von Eisbergen in außergewöhnlich kalten Jahren. Kurve III Gebiet häufigen Vorkommens des Golfkrauts.

allen unseren Temperaturkarten (Tafel I—XIV) klar zum Vorschein. Westlich des »Keils« trifft man wieder auf das wärmere Wasser aus der Golfstromtrift bis in die Nähe des Abhangs des kontinentalen Schelfs vor Amerika, wo sich von Norden her wieder das kalte Wasser geltend macht.

Unter Zugrundelegung der Verteilung der Temperatur der Oberfläche des Meeres im Februar 1898 bis 1910 in den von uns untersuchten

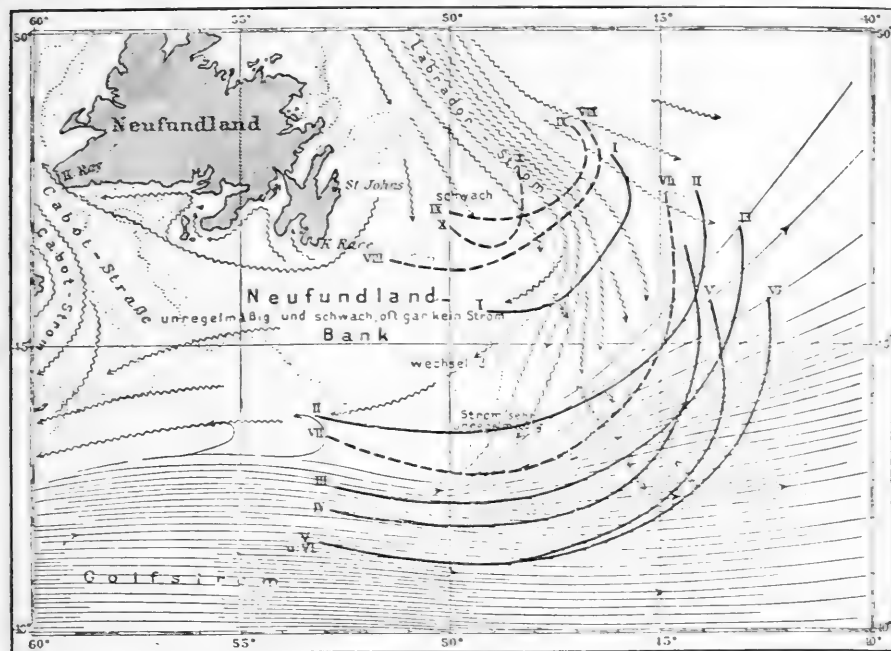


Fig. 3. Strömungen und Eisgrenzen bei der Neufundland-Bank, nach dem Dampferhandbuch für den Atlantischen Ozean (in Schott. Geogr. d. Atl. Ozeans). Je dichter die Stromlinien des Golfstroms und des Labrador- und Cabot-Stroms (die gekräuselten Linien), desto größer die Geschwindigkeit. Die voll ausgezogenen Kurven I bis VI geben die mittleren Grenzen des Eises und der Eisberge im Juni an (Periode des Vordringens), die gestrichelten Kurven VII bis X dieselben im Juli bis Oktober (Periode des Rückzuges). Die Pfeile an diesen Grenzen zeigen die Richtung des Vordringens und Zurückweichens, außerdem auch (durch ihre relative Länge) die Geschwindigkeit dieser Bewegungen an.

Gebieten (siehe Fig. 5) haben wir versucht, eine Karte über die Strömungen des Oberflächenwassers in diesem Meeresteil zu zeichnen, wobei auch andere Untersuchungen Benutzung fanden, insbesondere die während der Michael Sars-Expedition im Jahre 1910 angestellten Beobachtungen. Unsere Stromkarte (Fig. 6) macht selbstverständlich nicht den Anspruch, etwas anderes als einen skizzenmäßigen Eindruck von dem Kreislauf zu geben, wie er uns in großen Zügen vorschwebt. Die Beförderung der Wassermassen durch das Meer geht allerdings nicht auf so einfachen Bahnen vor sich, wie solche schematischen Stromkarten oft den Eindruck erwecken. Es handelt sich hier vielmehr um fortwährende Wirbelbildungen an der Oberfläche

des Meeres, auch solchen in den tieferen Schichten. Diese Wirbel bilden größtenteils die Ursache zu dem gewundenen, in großen Zungen verlaufenden Character der Isothermen sowohl an der Oberfläche des Meeres wie in den darunterliegenden tieferen Schichten. Sie kommen deutlich in unseren Karten (Tafel I—XIV) über die Oberflächen-Temperatur im Februar und März in den verschiedenen Jahren zum Vorschein, ebenso wie auf der Karte (Fig. 5), wo wir versucht haben, den durchschnittlichen

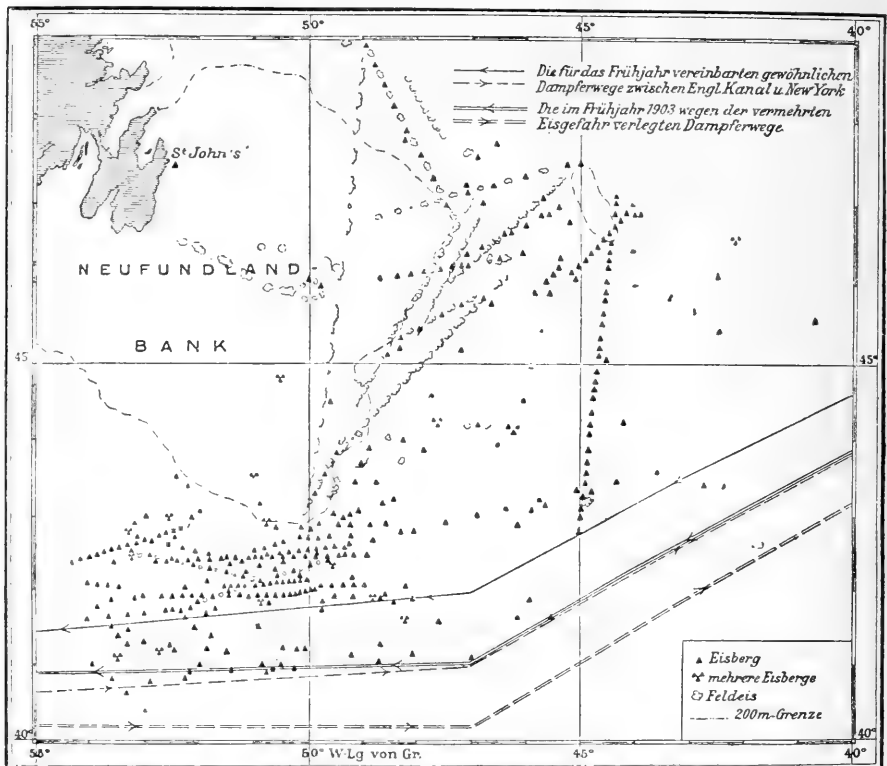


Fig. 4. Die Ausbreitung des Treibeises und der Eisberge im Frühjahr 1903, das sehr eisreich war (nach Schott: Geogr. d. Atl. Ozeans).

Verlauf der Isothermen im Monat Februar in dem von uns untersuchten Zeitabschnitt zu zeichnen, unter besonderer Berücksichtigung dieser Zungen.

Von besonderem Interesse sind die Strömungsverhältnisse bei dem merkwürdigen kalten »Keil«, der sich, wie bereits erwähnt, südwärts in die warmen Wassermassen des Golfstroms hineinerstreckt, und zwar zwischen 49° und 50° W.-Lg. und weiter südwärts bis südlich von 40° N.-Br. — Wie aus unserer Isothermen-Karte Fig. 5 hervorgeht, tritt dieser »Keil« gerade in dem Gebiet auf, in dem die südlichste Ecke der Neufundlandsbank liegt. Dies kann man aus den Isobathen für 200 m. und für 1000 m. sehen, die auf der Karte Fig. 5 eingezeichnet sind. Der Keil

bildet sozusagen eine Fortsetzung dieser Ecke gegen Süden und erstreckt sich gerade über die Stelle weg, wo u. a. die Isobathe für 4000 m. eine Zunge gegen Südosten bildet (siehe Fig. 1). Während der Michael Sars-Expedition im Jahre 1910 wurde ein Schnitt quer über diesen »Keil« genommen [MURRAY u. HJORT, 1912, S. 298]. Dieser Schnitt ging in nord-nordwestlicher Richtung von Station 65 auf $37^{\circ} 12' \text{ N-Br.}$ und $48^{\circ} 30' \text{ W-Lg.}$ nach Station 67 auf $40^{\circ} 17' \text{ N-Br.}$ und $50^{\circ} 39' \text{ W-Lg.}$ Nach

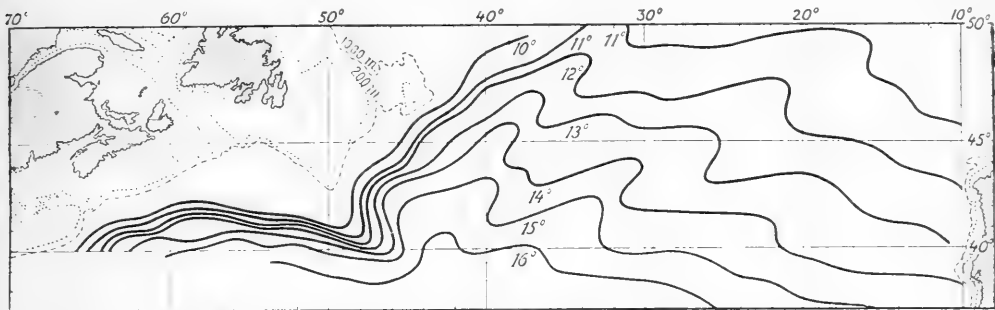


Fig. 5. Mittlere Temperatur der Meeres-Oberfläche in Februar 1900–1910.

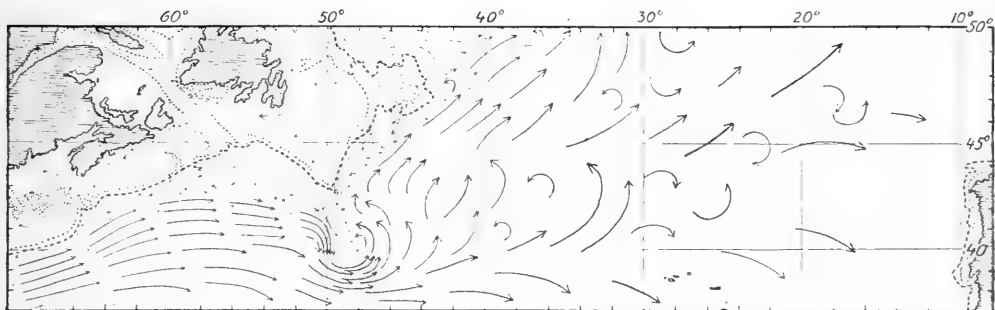


Fig. 6. Eine schematische Darstellung der Strömungen an der Oberfläche des Nordatlantischen Meeres nach unserer Auffassung. Hauptsächlich auf die Ausbreitung der Temperaturen (und zum Teil des Salzgehalts) gegründet.

dem Schnitte hat es den Anschein, als ob sich das Wasser westlich des »Keils«, zwischen den Stationen 66 und 67, ziemlich quer zu diesem Schnitt bewegt und somit dann eine mehr südwestliche Richtung verfolgt hätte, als man nach unserer Oberflächen-Karte den Eindruck bekommt. Es ließe sich ja auch denken, daß die Wassermassen in den tieferen Schichten eine Schwenkung nach rechts infolge der Erdumdrehung machen und deshalb dort mehr in südwestlicher Richtung strömen, als an der Oberfläche.

Der schräge Verlauf der Isothermen und Isohalinen im Schnitte (und folglich auch der Isopyknen) zeigt klar und deutlich, daß sich die Wassermassen auf der westlichen Seite des »Keils« zwischen Station 66 und 67 mit sehr großen Geschwindigkeiten in südlicher oder südwestlicher Richtung bewegt haben, und ferner, daß die Geschwindigkeiten von der Oberfläche

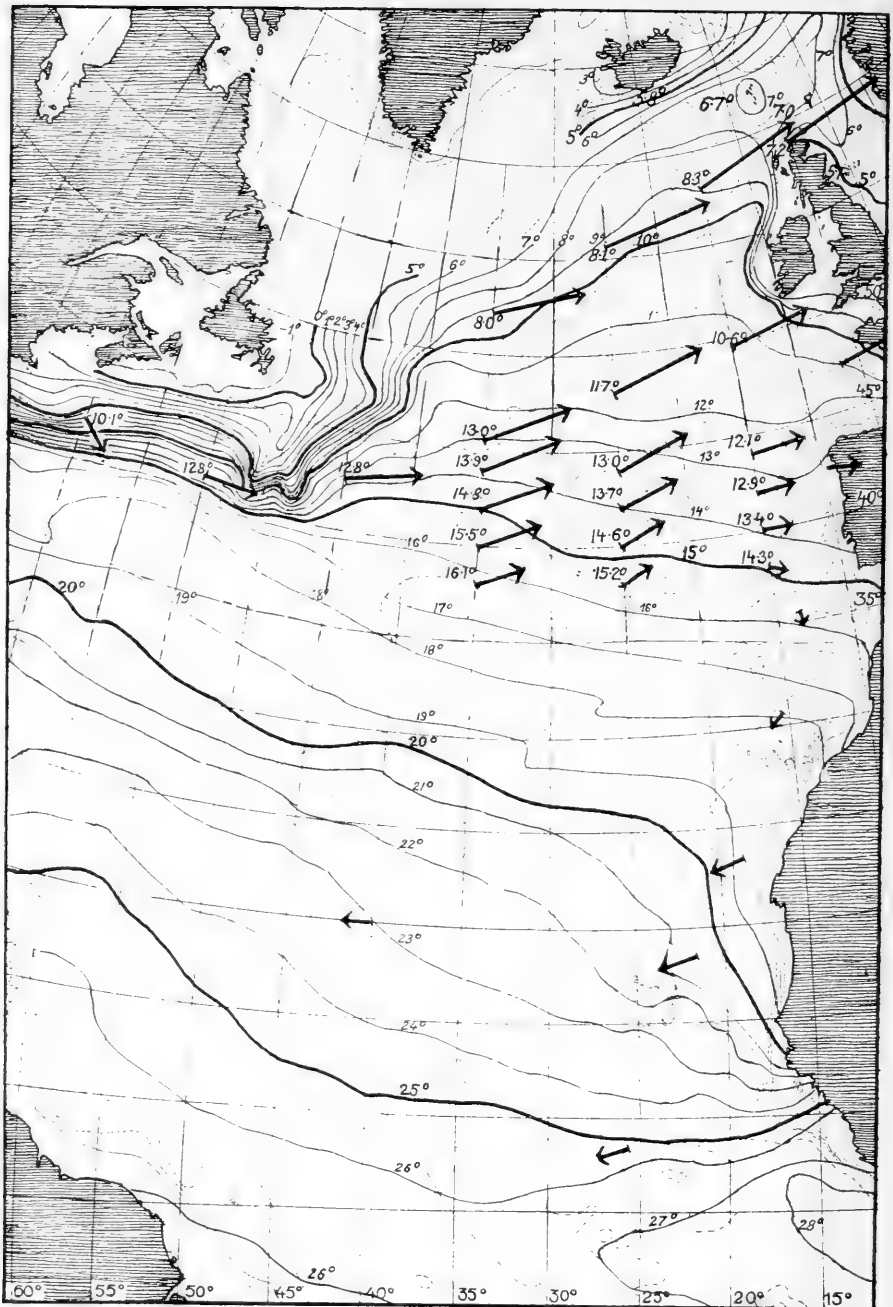


Fig. 7. Mittlere Temperatur des Meerwassers an der Oberfläche im Februar, nach „Atlantischer Ozean“ herausgeg. von Deutsche Seewarte. Die Pfeile geben die Richtungen der Isobaren für Januar-Februar, und die Stärke des Luftdruckgradienten an. Die Isobathen sind dieselben wie auf Fig. 1.

nach der Tiefe zu abgenommen haben. Zwischen Station 66, die mitten im »Keil« lag, und der Station 65 ging die Bewegung in östlicher oder nord-östlicher Richtung mit abnehmender Geschwindigkeit von oben nach unten vor sich. Und nördlich der Station 67, zwischen dieser Station und der Neufundlandbank, ging die Bewegung ebenfalls in östlicher Richtung mit abnehmender Geschwindigkeit abwärts nach der Tiefe zu vor sich. Die Geschwindigkeiten waren in allen diesen Teilen sehr groß, aber am größten waren sie zwischen den Stationen 66 und 67. Wir erklären uns das Verhältnis in der Weise, daß die Wassermassen des Golfstroms, die längs der Ostküste Amerikas auf der Außenseite des kontinentalen Schelfs mit großer Geschwindigkeit strömen, südwestlich der Neufundlandbank auf Widerstand stoßen teils wegen der kalten Wassermassen, die der Labradorstrom von Norden her bringt, und teils, weil der kontinentale Schelf südlich von Neufundland eine starke Biegung gegen Südosten macht. In der dadurch gebildeten Unterwasserbucht am Rande des kontinentalen Schelfs entstehen viele Wirbelbildungen der kalten und warmen Wassermassen, wodurch das Wasser des Golfstroms gezwungen wird, gegen Südosten abzubiegen. Gerade südlich der südlichsten Ecke der Neufundlandbank trifft der Strom infolge der Bodenverhältnisse und wegen der von Norden herkommenden kalten Wassermassen, auf noch größeren Widerstand. Der warme Strom biegt noch mehr gegen Süden ab, er wird dadurch stark zusammengepreßt, und seine Geschwindigkeit wird gesteigert. Während das warme Wasser auf der rechten Seite dieses südwärts gehenden Stroms herabgedrückt wird, wird das darunterliegende kalte Wasser auf der linken Seite des Stroms emporgehoben, der dort gleichzeitig auch das kalte Oberflächenwasser mit sich südwärts schleppt. Auf der anderen Seite dieses kalten »Keils« geht nach unserem Kartenbild ein warmer Gegenstrom nach Nordosten und Norden. Diese Annahme wird auch durch den Verlauf der Isothermen bekräftigt.

Wie die Stromrichtungen in ihren Einzelheiten weiter östlich im Atlantischen Ozean verlaufen, wissen wir nicht mit Sicherheit, und die Stromrichtungen und Wirbel, die angedeutet sind, muß man deshalb als rein hypotetisch auffassen.

Die Karte Fig. 7 zeigt die Verteilung der Oberflächen-Temperatur im Februar im nördlichen Atlantischen Ozean nach der Darstellung, die in »Atlantischer Ozean«, herausgegeben von der Deutschen Seewarte in Hamburg [1902], gegeben ist. Auf der Karte sind auch die von uns gefundenen Mitteltemperaturen der drei Februardekaden (1900—1910) für die 10-Längengrad-Felder im Gebiete Portugal—Azoren eingezeichnet, und ebenso für die ähnlichen 10-Längengrad-Felder für die Route: Kanal—

New-York. Das Mittel für die letzteren ist aus den Temperaturwerten der früher erwähnten Zwei-Längengrad-Felder gefunden, die sich zwischen je 10 Längengraden vorfinden, also zwischen 10^0 und 20^0 W-Lg., zwischen 20^0 und 30^0 W-Lg. usw. Man wird durchgehends eine gute Übereinstimmung zwischen diesen Werten und denjenigen feststellen, welche durch die von der Seewarte gezogenen Isothermen wiedergegeben sind. Indessen kann man bemerken, daß unsere Werte für die Elfsjahrperiode 1900—1910 im östlichen Teil des Meeres etwas niedriger sind, als sie nach diesen Isothermen eigentlich sein sollten.

Wir haben auch die gefundenen Mitteltemperaturen für Februar (1900—1910) für die 10-Längengrad-Felder längs den Dänischen Routen nördlich von 50^0 N eingezeichnet. Meistens sind sie bedeutend niedriger, als sie nach den Isothermen sein sollten. Die Isothermen für 10^0 , 9^0 , 8^0 und 7^0 C. sollten also zwischen 40^0 und 10^0 W-Lg. wahrscheinlich beträchtlich weiter südöstlich gerückt werden.

Auf der Karte, die auf der Tafel I wiedergegeben ist, haben wir die oben erwähnten Durchschnittstemperaturen für den Zeitraum 1900—1910 für jedes der von uns untersuchten Zweigrad-Felder (mit einer hinreichenden Anzahl Beobachtungen) auf der Route: Kanal—New-York eingesetzt, ebenso entsprechende Durchschnittstemperaturen in den 10-Längengrad-Feldern im Gebiete: Portugal—Azoren. Unter Zugrundelegung dieser Durchschnittstemperaturen, haben wir auch Isothermen für 8^0 C. gezogen, ferner für jeden ganzen Grad solche zwischen 10^0 und 16^0 C. — Wie man sehen wird, unterscheiden sich diese Isothermen in ihrem Verlauf nicht sehr von den Isothermen, die der Karte der Seewarte entnommen sind. In Fig. 5 haben wir auch versucht, eine Isothermen-Karte für den Zeitraum 1900—1910 zu zeichnen; hier aber haben wir nicht die Mitteltemperaturen für die einzelnen Felder benutzt, sondern sind von den Isothermen für die ganzen Grade für jedes Jahr ausgegangen und haben versucht, für jede von ihnen eine Durchschnittsform zu finden. Wir haben dabei Rücksicht darauf genommen, daß die Isothermen immer Zungen bilden, daß diese aber von einem Jahr zum anderen ihre Lage etwas verändern. Wenn man von der Durchschnittstemperatur für den ganzen Zeitraum ausgeht, werden diese Zungen mehr oder weniger verwischt. Wir haben versucht, annähernd die durchschnittliche Lage jeder dieser Zungen zu bestimmen. In dieser Weise ist unsere Karte zustande gekommen, die aber selbstverständlich bei weitem keinen Anspruch auf Genauigkeit machen kann, sie ist mehr darauf berechnet, einen allgemeinen Eindruck von der Natur der Temperaturverteilung zu geben.

Auf Tafel VIII ist eine Karte mit Durchschnittstemperaturen und Isothermen für die drei Dekaden 15. März—13. April für den Zeitraum 1900—1910 auf Grund unserer Untersuchungen wiedergegeben.

Die Pfeile auf den Karten in Fig. 7 und auf den Tafeln I und VIII geben die durchschnittliche Richtung und Stärke der Winde (nach den Isobaren berechnet wie später besprochen werden wird) für die Monate

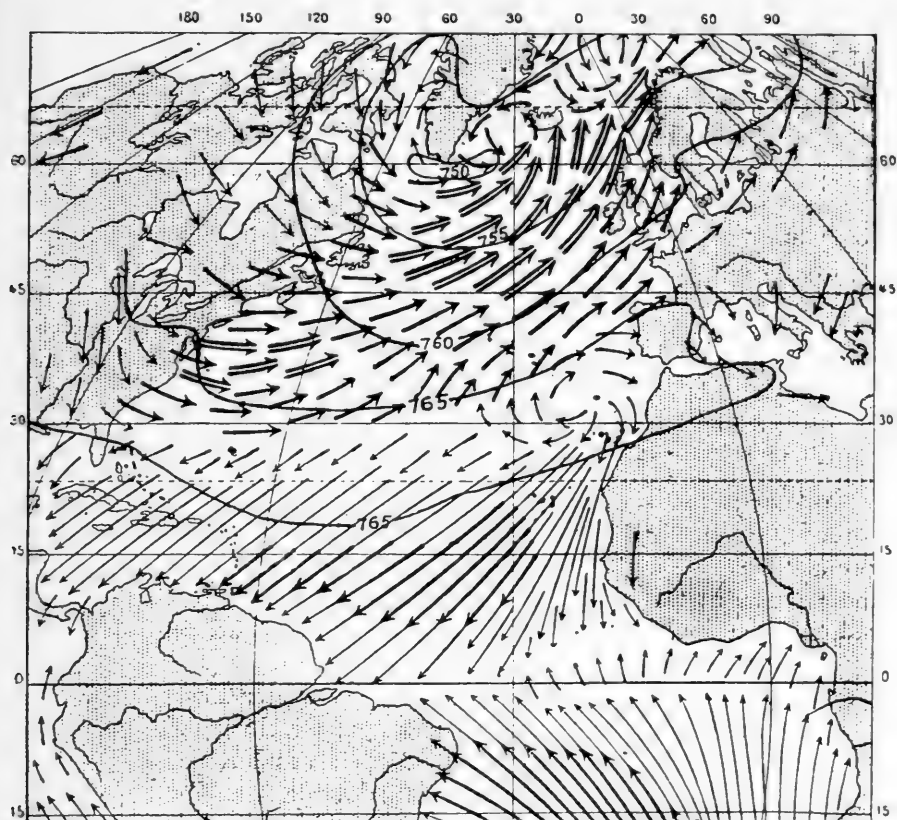


Fig. 8. Die Windverhältnisse des Nordatlantischen Ozeans im Januar und Februar (nach ANGOT: Météorologie, in HANN: Lehrbuch der Meteorologie). Wir haben auch die Isobaren für Februar im Nordatlantik eingezeichnet.

Januar und Februar zusammengefaßt an (Fig. 7 und Tafel I) und für März (Tafel VIII). Hierauf werden wir ausführlicher zurückkommen im Kapitel VII¹.

An dieser Stelle seien nur folgende Hauptzüge bei der durchschnittlichen Verteilung von Luftdruck und Wind im Untersuchungsgebiet hervor-

¹ Die Pfeile geben in Wirklichkeit nicht die Winde, sondern die Richtung der Isobaren, ihre Länge die Größe des Luftdruckgradienten an, berechnet nach dem Abstand zwischen den Isobaren. Man darf also nicht erwarten, daß diese Pfeile genau den wirklichen Winden, nach Richtung und Stärke, entsprechen.

gehoben, wie sie sich aus Fig. 8 (hauptsächlich nach ANGOT: Meteorologie) ergeben.

Bei Südgrönland besteht ein Luftdruck-Minimum. Ein Maximum-Gebiet erstreckt sich von der Spanischen Bucht quer über den Atlantischen Ozean bis zum südlichen Teil der Vereinigten Staaten. Das Maximum ist am meisten ausgeprägt zwischen Madeira und den Azoren. Zwischen diesen Zonen — also über dem größten Teil unseres Untersuchungsgebietes — ist der Wind gegen Osten und Nordosten gerichtet; den Nordostpassat mit der entgegengesetzten Richtung trifft man nur in dem südöstlichen Teil unseres

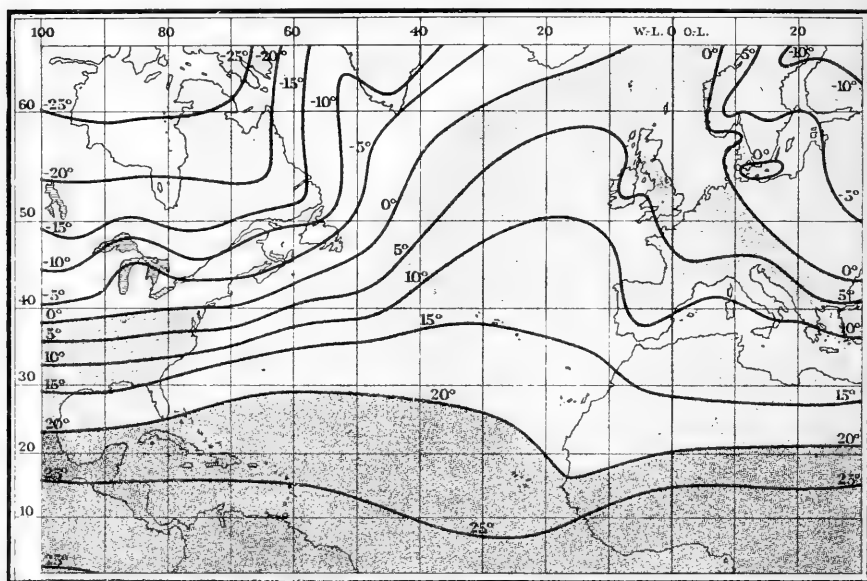


Fig. 9. Mittlere Temperatur der Luft im Februar, nach Deutsche Seewarte: „Atlantischer Ozean“, Atlas.

Untersuchungsgebietes an. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit auf dem nördlichen Teil des Gebietes (Kanal—New-York) ist verhältnismäßig sehr groß und bedeutend geringer im südöstlichen Teil zwischen Portugal und den Azoren. Die Verteilung von Luftdruck und Wind ist im März und im Februar ungefähr die gleiche; im März scheint jedoch der Wind im großen ganzen etwas mehr westlich und zudem etwas schwächer in unserem Untersuchungsgebiet zu wehen, als im Februar.

Die Durchschnittstemperatur der Luft im Februar (nach der gewöhnlichen Darstellung) gibt Fig. 9. Die Isothermen für Luft und Oberfläche des Wassers haben in ihren Hauptzügen einigermaßen denselben Verlauf, wobei jedoch das Wasser in der Regel in unserem Untersuchungsgebiet wärmer ist als die Luft, besonders im Februar.

Die Bewölkung schwankt im Februar längs der Dampferstraße Kanal—New-York durchschnittlich zwischen 6.5 und 7.8 (nach Skala 0—10). Im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets (Portugal—Azoren) nimmt die Bewölkung ab, und zwar von 7 im Nordwesten bis 5—4 im Südosten (an der Südküste von Portugal).

Die Niederschlagshäufigkeit im Februar beträgt durchschnittlich zwischen 10 und 20 $\%$ (der gesamten Beobachtungszeiten) längs der nördlichen

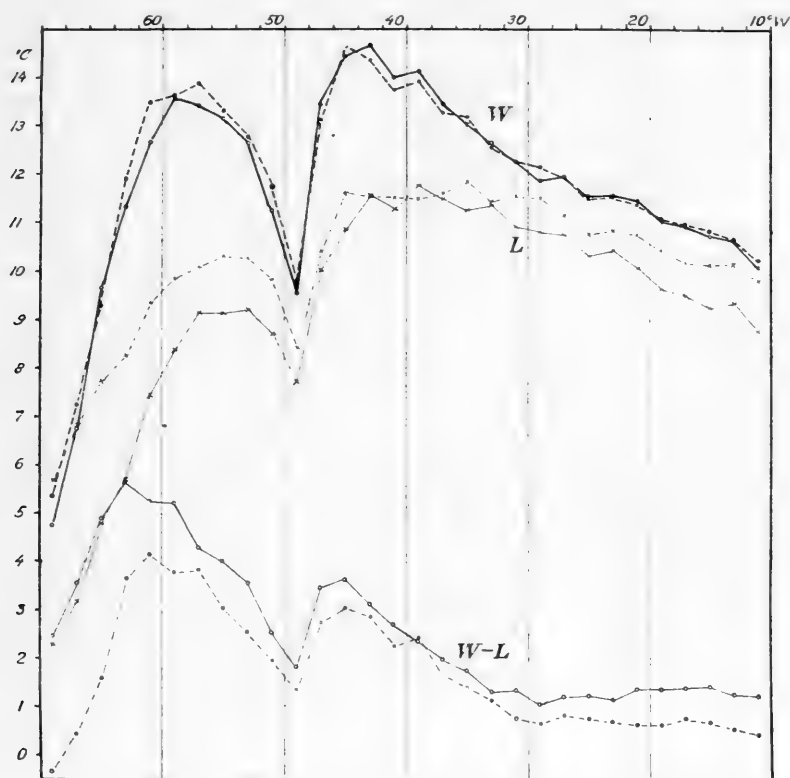


Fig. 10. Die mittleren Oberflächen-Temperaturen (*W*), Luft-Temperaturen (*L*), und Differenzen zwischen beiden (*W-L*) für die Zweigrad-Felder längs der Fahrtstraße Kanal—New-York in der Elfjahrperiode 1900—1911. Die *voll ausgezogenen Linien* für die erste Dekadengruppe (3. Febr.—4. März), die *gestrichelten Linien* für die letzte Dekadengruppe (15. März—13. April).

Fahrtstraße, und zwischen 5 und 18 $\%$ im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes — am größten ist sie im Nordwesten, am geringsten im Südosten. Im März ist sowohl die Bewölkung wie die Niederschlagshäufigkeit etwas geringer als im Februar.

Die durchschnittlichen Temperaturverhältnisse in Februar und März-April, so wie wir sie für die Elfjahrperiode 1900—1910 längs der Fahrtstraße Kanal—New-York berechnet haben, gehen aus Fig. 10 hervor. Den Kurven auf dieser Figur liegen die Mittelwerte zugrunde, die für die von

uns gewählten Zweigrad-Felder (auf Fig. 1 und auf Tafel XV durch Schraffierung gekennzeichnet) berechnet sind, an den Stellen, wo 2 oder 3 solche Felder in nord-südlicher Richtung liegen, haben wir den Durchschnitt ihrer Mittelwerte genommen. Auf Fig. 10 werden die Verhältnisse in den drei Februar-Dekaden durch voll ausgezogene Linien bezeichnet, und für die letzte Dekadengruppe (15. März—13. April) durch gestrichelte Linien; die Kurven »W« stellen die Oberflächen-Temperaturen dar, »L« die Luft-Temperaturen, und »W—L« die Differenzen zwischen beiden. Wie man sieht, zeigt die Oberflächen-Temperatur eine einigermaßen gleichmäßige Steigung von Osten nach Westen bis zu einem absoluten Maximum auf ungefähr 44° W-Lg. (ungefähr 14.7° C für beide Dekadengruppen). Von dort sinkt die Temperatur auffallend rasch bis auf ein Minimum (auf 9.5° , bzw. 9.8° C) ungefähr auf 49° W-Lg. Weiter westwärts steigen die Temperaturen wieder bis zu einem Maximum (13.6° , bzw. 13.9° C) zwischen 57° und 59° W-Lg., um darauf näher der amerikanischen Küste von neuem auf niedrige Werte herabzusinken (ungefähr 5° C). Das starke Sinken bei 49° W-Lg. zeigt mit großer Deutlichkeit den oben erwähnten kalten Keil an; wenn man die Temperaturverteilung in den einzelnen Jahren untersucht, wird man finden, daß dieser Keil mit auffällender Regelmäßigkeit fast beständig genau an ein und derselben Stelle auftritt. Aus den beiden Kurven (Fig. 10) für die Oberflächen-Temperaturen ersieht man, daß nur ein geringer Unterschied in den beiden Dekadengruppen besteht. Im östlichen Teil des Gebietes ist der Unterschied besonders gering; in der Mitte des Gebietes ist es durchgehends in der letzten Dekadengruppe (März-April) etwas kälter als in der ersten (Februar); im westlichen Teil verhält es sich umgekehrt: hier ist es durchgehends im Februar kälter als im März-April. Wir werden sofort auf die Temperaturveränderungen von Dekade zu Dekade zurückkommen, wollen aber vorher noch kurz die anderen Kurven auf Fig. 10 besprechen.

Die Luft-Temperatur weist ähnliche geographische Wechsel auf wie die Oberflächen-Temperatur; der »Keil« ist sehr ausgeprägt mit einem Temperatur-Maximum auf jeder Seite. Während dieser »Keil« (ungefähr 49° W-Lg.) für Luft wie für Wasser dieselbe Lage hat, besteht einiger Unterschied in der Lage der Maxima. So liegt z. B. das größte Lufttemperatur-Maximum im Februar auf etwa 39° W-Lg. (11.8° C) und im März-April sogar auf 35° W-Lg. (11.9° C). Das westliche Maximum, das in der Luft viel weniger ausgeprägt ist als im Wasser, liegt auf 53° W-Lg. (Februar 9.2° C) oder 55° W-Lg. (März-April 10.3° C). Es besteht durchgängig ein ziemlich bedeutender Temperaturunterschied zwischen den beiden Dekadengruppen, insofern, als es in den Februar-Dekaden am kältesten ist.

Die Kurven für Oberflächen-Temperatur minus Luft-Temperatur zeigen in großen Zügen einen ähnlichen Verlauf wie die anderen Kurven — erst mit einem Anstieg von Osten nach Westen, dann einem ausgeprägten Minimum bei dem »Keil«, darauf einem neuen Ansteigen und schließlich einem starken Fallen gegen die Amerikanische Küste zu. Der Unterschied zwischen den Temperaturen des Wassers und der Luft ist im östlichen Teil des Gebiets verhältnismäßig gering: etwa 1.2°C im Februar und 0.7°C im März-April. Ungefähr auf 43°W-Lg. ist der Unterschied 3.6° und 3.0°C , ungefähr auf 49°W-Lg. (im »Keil«) nur 1.8° und 1.4°C . Zum Unterschied von den Temperaturen des Wassers und der Luft erreicht die Differenz zwischen beiden ein absolutes Maximum westlich des »Keils«, auf 63°W-Lg. (Februar, Diff. 5.6°C) und 61°W-Lg. (März-April, Diff. 4.2°C).

Man sieht, dass die Differenz zwischen den Temperaturen des Wassers und der Luft in der ersten Dekadengruppe durchgängig bedeutend größer ist, als in der zweiten. Das kommt daher, daß das Wasser sein Temperatur-Minimum bedeutend später hat als die Luft. Noch deutlicher wird dies aus einem Vergleich der Verhältnisse in den einzelnen Dekaden hervorgehen.

Um die Entwicklung von Dekade zu Dekade zu studieren, haben wir die Beobachtungen aus der nördlichen Dampferroute zu größeren Feldern zusammengefaßt, nämlich solchen von je 20 Längengraden. Die Ergebnisse gehen aus der folgenden Tabelle hervor, wo unsere Dekaden mit römischen Ziffern bezeichnet sind: die Temperaturen sind als Mittelwerte aus den Elfsjahr-Normalen für sämtliche von uns gewählte Zweigrad-Felder (vgl. Fig. 1) berechnet, die innerhalb der angeführten 20 -Längengrad-Feldern zu liegen kommen.

In dieser Tabelle haben wir die Mittelwerte für die sämtlichen drei großen Felder angeführt. Diese Mittelwerte sollen also die Temperatur-verhältnisse zusammengefaßt für den ganzen Strich quer über den Atlan-

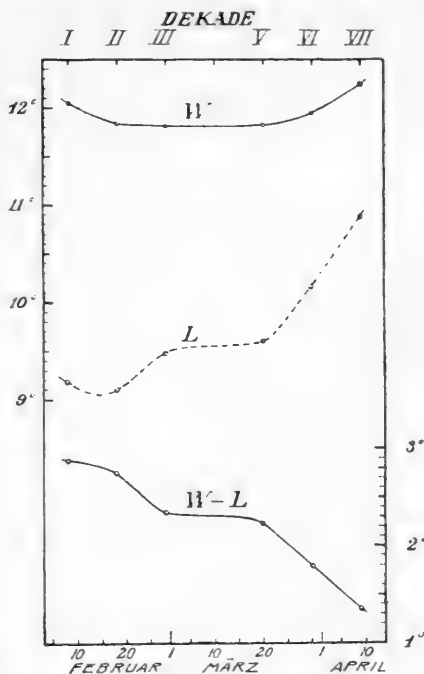


Fig. 11. Die Kurven stellen die Mittelwerte für jede Dekade (I bis VII) für unsere sämtlichen ausgewählten Zweigrad-Felder längs der Fahrtstraße Kanal—New-York dar. *W*: Oberflächen-Temperaturen; *L*: Luft-Temperaturen (Skala links); *W-L*: Oberflächen-Temperatur minus Luft-Temperatur (Skala rechts).

Mitteltemperatur für jede Dekade.

A. Wasser.

	I	II	III	V	VI	VII
10—30° W	11.19	11.19	11.14	11.02	11.22	11.42
30—50° „	13.36	13.00	12.98	12.75	12.93	13.23
50—70° „	11.59	11.32	11.33	11.73	11.71	12.06
Mittel	12.05	11.84	11.82	11.83	11.95	12.24

B. Luft.

10—30° W	9.98	9.91	9.99	10.02	10.54	11.12
30—50° „	10.92	10.29	10.74	10.29	10.87	11.71
50—70° „	6.63	7.70	7.10	8.50	9.08	9.83
Mittel	9.18	9.10	9.48	9.60	10.16	10.89

C. Wasser minus Luft.

10—30° W	1.21	1.28	1.15	1.00	0.68	0.30
30—50° „	2.44	2.71	2.24	2.46	2.06	1.52
50—70° „	4.96	4.22	3.63	3.23	2.63	2.23
Mittel	2.87	2.74	2.34	2.23	1.79	1.35

tischen Ozean darstellen, von Anfang Februar bis Mitte April. Sie sind in Fig. 11 und 12 graphisch wiedergegeben.

Die *Oberflächen-Temperatur* für den ganzen Strich zeigt ein langgestrecktes Minimum. Die drei Dekaden-Mittelwerte (II, III und V) von Mitte Februar an bis zur zweiten Hälfte des März sind 11.84°, 11.82° und 11.83° C.; die Schwankungen sind geringer als die Fehlergrenzen. Allgemein kann man daraus schließen, daß in dieser Zeit eine bedeutende vertikale Konvektion besteht; große Wassermassen werden von der Oberfläche aus bis zu einer ziemlichen Tiefe hinab abgekühlt, wodurch das Temperatursinken der Oberfläche sehr gedämpft wird. Die Folge ist, daß ein scharf ausgesprägtes Temperatur-Minimum nicht mehr zu erkennen ist. Dies deutet also darauf hin, daß unsere Voraussetzung richtig ist: Die Oberflächen-Temperaturen in der zweiten Hälfte des Februar und im größten Teil des März stellen einen einigermaßen zuverlässigen Ausdruck für die Temperatur der großen Wassermassen dar. Ende März beginnt die Oberflächen-Temperatur zu steigen, und zwar ziemlich rasch; es tritt bald eine thermische Schichtung im Wasser ein, so daß die Oberflächen-Temperatur nicht länger irgendwelchen Anhaltspunkt für die Beurteilung der Wärmeverhältnisse der unterliegenden großen Wassermassen liefert.

Die Luft-Temperatur für den ganzen Strich zeigt ein schärfer ausgeprägtes Minimum in der Mitte des Februar. Sie steigt ziemlich rasch bis zum 1. März; aber weiterhin bis zum 20. März sind nur geringe Veränderungen zu bemerken. Später steigt die Temperatur wieder sehr rasch. Die eigentümliche Form, die die Kurve (Fig. 11 L) dadurch erhält, — mit dem horizontalen Verlauf für die 3 ersten Wochen des März — kann mehrere Ursachen haben. Die Vermutung liegt nahe, daß unsere Mittelwerte nicht genau genug sind, um eine mehr symmetrische Kurve zu liefern; und es ist sehr wohl möglich, daß dieses Verhältnis eine genügende Erklärung gibt, da es sich nur um eine Veränderung von ein paar zehntel Graden für die 3. und 5. Dekade handelt. Man kann natürlich nicht erwarten, zuverlässige Dekaden-Werte für die Luft-Temperatur aus einer so kurzen Beobachtungsreihe wie 11 Jahren zu finden, und namentlich nicht, wenn viele der Dekaden-Mittelwerte der einzelnen Jahre aus so wenigen und oft so mangelhaften Beobachtungen berechnet sind, wie es bei unserem Material der Fall ist. Es ist ja auch ein wohlbekanntes Verhältnis, daß oft Rückschläge in der Luft-Temperatur eintreten; es kommt z.B. häufig vor, daß im Februar nach einem Temperatur-Anstieg ein neues Fallen eintritt, das in den Dekaden-Mittelwerten selbst nach einer langen Jahresreihe von Beobachtungen nicht wegeleminiert wird [vgl. HANN, 1901, s. 99 f.].

Örtliche Unregelmäßigkeiten dieser Art werden indessen zum großen Teil verschwinden, wenn man — wie wir es getan haben — die endgültigen Mittel-

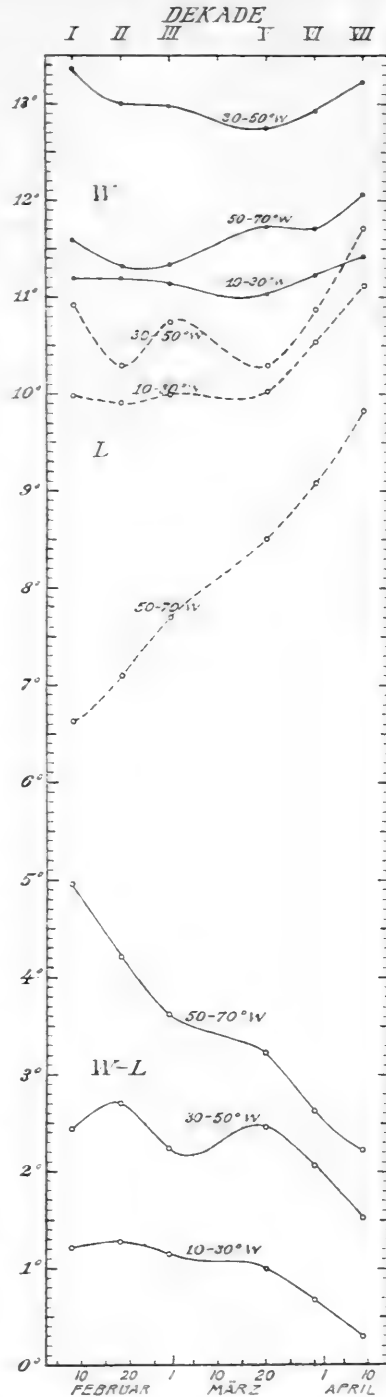


Fig. 12. Kurven, wie in Fig. 11, für die Zweigrad-Felder zwischen 10° und 30° W-Lg., zwischen 30° und 50° W-Lg. und zwischen 50° und 70° W-Lg., längs der Fahrtstraße Kanal—New-York.

werte für sehr große Gebiete berechnet; wir haben die einzelnen Mittelwerte von nicht weniger als 48 Zweigrad-Feldern zu unseren Berechnung der Werte, die in Fig. 11 dargestellt sind, benutzt. Beim Studium der Einzelheiten innerhalb der drei 20-Längengrad-Felder (Fig. 12), finden wir, daß die Unregelmäßigkeit wesentlich von den Verhältnissen im mittleren Felde herrührt, wo wir ein sehr ausgeprägtes sekundäres Minimum in der 5. Dekade gefunden haben.

Der Unterschied zwischen den Temperaturen des Wassers und der Luft wird im großen ganzen immer geringer von Anfang Februar an bis zur Mitte des Aprils (Fig. 11, W—L). In den ersten drei Wochen des März bleibt jedoch der Unterschied ungefähr gleichmäßig groß, weil sowohl die Wassertemperatur wie diejenige der Luft sich während dieser Zeit nur wenig verändern. Der Unterschied beträgt durchschnittlich fast nur 3° zu Anfang Februar, und nicht mehr als etwas weniger als 1° in der Mitte des Aprils. In diesem Verhältnis aber treten große örtliche Schwankungen auf.

Die vorstehende Tabelle zeigt die Unterschiede in den Temperaturverhältnissen in den drei Teilen des Gebiets, die durch die 20-Längengrad-Felder bestimmt sind: einen östlichen Teil ($10-30^{\circ}$ W), einen mittleren Teil ($30-50^{\circ}$ W) und einen westlichen Teil ($50-70^{\circ}$ W, also dem Gebiet westlich des »Keils«). Die Verhältnisse sind auf Fig. 12 graphisch dargestellt.

In allen Dekaden sind sowohl das Wasser wie die Luft am wärmsten im mittleren Teil des Nordatlantischen Ozeans. Das Wasser ist am kältesten im östlichen Teil, während die Luft am kältesten über dem westlichen Gebietsteil ist. Der Unterschied zwischen der Lufttemperatur und derjenigen des Wassers ist am größten im Westen und am kleinsten im Osten. Dies läßt sich auch leicht erklären: in dem mittleren Teil herrscht das Golfstromwasser vollständig vor, es ist dort noch nicht so stark abgekühlt worden; im westlichen Teil tritt kaltes Wasser aus dem amerikanischen Küstengebiet — zum großen Teil ist es das Wasser des Labradorstroms — zusammen mit dem warmen Golfstromwasser auf, so daß die Mitteltemperatur niedriger wird; im östlichen Teil sind die Wassermassen der Golfstromtrift bereits abgekühlt worden. Die Luft strömt im großen ganzen von Amerika nach Europa über den Teil des Atlantischen Ozeans, den wir jetzt behandeln. Die niedrige, kontinentale Wintertemperatur macht sich besonders geltend im Westen; aber die Luft wird über dem Golfstromwasser stark erwärmt und nimmt deshalb über dem mittleren Teil des Ozeans eine hohe Temperatur an. Diese hohe Temperatur sinkt wieder ein wenig nach dem europäischen Festlande zu, aber doch nicht so viel, wie die Temperatur in den Wassermassen, die durch die Ausstrahlung und von der Luft abgekühlt werden. Deshalb nimmt die Differenz zwischen

der Temperatur des Wassers und der Luft ziemlich gleichmäßig von Westen nach Osten ab. Diese Verhältnisse treten auch deutlich in den Kurven Fig. 10, für die einzelnen Zwei-Längengrad-Felder zu Tage. Dort kommen auch noch einige andere Einzelheiten zum Vorschein. Die Verhältnisse bei dem kalten »Keil« lassen sich leicht aus dieser allgemeinen Uebersicht erklären. Hier ist das Wasser von Norden her gekommen und verhältnismäßig sehr kalt. Die Luft wurde dagegen zum größten Teil aus Westen angetrieben. Sie wurde bereits vom Golfstromwasser westlich des kalten »Keils« erwärmt. Die Lufttemperatur weist deshalb kein so ausgeprägtes Minimum auf, wie die Wassertemperatur, und die Folge davon ist, daß der Unterschied zwischen Wasser und Luft an dieser Stelle verhältnismäßig gering ist.

Im östlichen und mittleren Teil des Ozeans zeigt die Oberflächen-Temperatur ein Minimum in der Mitte des März, im westlichen Teil des Ozeans jedoch Ende Februar. Die Kurven für die Temperatur des Wassers, Fig. 12, W, haben einen einigermaßen regelmäßigen Verlauf; ein Unterschied in einigen der Temperaturen von einem zehntel Grad, oder vielleicht weniger noch, würde sogar bewirken können, daß die Kurven vollständig regelmäßig würden..

Die Luft-Temperatur weist in dem östlichen Teil ein langgestrecktes Minimum (von Anfang Februar bis Mitte März) auf (Fig. 12, L). Im westlichen Teil steigt die Luft-Temperatur stark und gleichmäßig während der ganzen Zeit, und das Minimum tritt augenscheinlich schon im Januar ein. Im mittleren Teil herrschen einige Unregelmäßigkeiten; hier bestehen zwei gleichniedrige Minima, eins in der Mitte des Februar und eins in der Mitte des März, mit einem ausgeprägten sekundären Maximum ungefähr am 1. März. Im Einklang hiermit zeigt auch die Differenz zwischen den Temperaturen des Wassers und der Luft Unregelmäßigkeiten (Fig. 12, W—L). Falls unsere Mittelzahlen den wirklichen Verhältnissen für die Elfsjahrperiode entsprechen, so ist die Ursache zu diesen Unregelmäßigkeiten wahrscheinlich die, daß die oben erwähnten Rückschläge in der Luft-Temperatur nicht ausgeglichen worden sind, weil die Anzahl der Beobachtungsjahre nicht groß genug gewesen ist. Man wird übrigens sehen, daß die Mitteltemperatur der Luft auch auf den beiden anderen Gebieten, dem östlichen und westlichen, in der 3. Dekade (23. Febr.—4. März) höher ist, als man erwarten sollte. Das gibt sich als Gesamtbild in der Unregelmäßigkeit zu erkennen, die wir oben besprochen haben bei der Behandlung aller Gebiete quer über den ganzen Atlantischen Ozean als ein Ganzes, und die sich am deutlichsten aus Fig. 11 (W, L, und W—L mit dem horizontalen Verlauf der Kurven für die Zeit vom 1. bis zum 20. März) ergeben.

IV. Frühere Untersuchungen der Temperaturschwankungen des Atlantischen Ozeans.

Schon längst ist ja allgemein anerkannt, welchen entscheidenden thermischen Einfluß der sogenannte »Golfstrom«, oder die »Golfstromtrift«, auf die Wärmeverhältnisse des Nordatlantischen Meeres sowie auf das Klima von West- und Nordwesteuropa hat. Es war deshalb auch einleuchtend, daß Wechsel in diesem Meeresstrom oder dieser Trift von Bedeutung für die Temperatur in dem nordöstlichen Atlantischen Ozean und die Wärmeverhältnisse in Nordwesteuropa sein mußten.

Professor OTTO PETTERSSON machte in seiner bekannten Arbeit »Über die Beziehungen zwischen hydrographischen und meteorologischen Phänomenen« [1896] einen ersten wichtigen Versuch, die Übereinstimmungen zwischen den Schwankungen der Meerestemperatur und den Schwankungen der Lufttemperatur sowie des Klimas über Skandinavien und Nordeuropa genauer nachzuweisen.

In Ermangelung von fortlaufenden Temperaturmessungen der Wassermassen des »Golfstroms« selbst nahm er als Ausgangspunkt die Temperatur des Meeres an der Oberfläche bei den Leuchtfeuern Utsire, Hellisö und Ona an der norwegischen Küste, wo Beobachtungen für eine längere Reihe von Jahren vorlagen. Dabei ging er davon aus, daß die Schwankungen in diesen Temperaturen im Küstenwasser unmittelbar auf Veränderungen in den Wassermassen des »Golfstroms« beruhten, die, bald kälter, bald wärmer, bis dicht an die Küste herangetrieben wurden. Diese Voraussetzung ist indessen, wie auch später erörtert werden wird, nicht haltbar. Das Küstenwasser, in dem diese Temperaturmessungen bei den Leuchtfeuern vorgenommen werden, ist weit verschieden von dem Wasser, das der »Golfstrom« mit sich führt. Wie später nachgewiesen werden wird, sind die Oberflächen-Temperaturen z. B. bei Ona Leuchtfeuer, besonders in den Wintermonaten, die Pettersson behandelt, nämlich im Januar und Februar, völlig abhängig von den Windverhältnissen an der Küste, während gleichzeitig selbstverständlich auch die Windverhältnisse die Temperatur über Skandinavien beeinflussen, wodurch also auch ein Zusammenhang zwischen beiden entsteht. Wie wir später sehen werden, üben auch diese Windverhältnisse (oder die Verteilung des Luftdrucks) starken Einfluß auf die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur der »Golfstromtrift« aus. Eine ganz andere Frage ist es, ob nicht diese Schwankungen in der Verteilung des Luftdrucks in höherem oder geringerem Grad auf Schwankungen in den Meeresströmungen und den von ihnen geführten Wassermassen beruhen

Einen wichtigen Nachweis liefert Pettersson, indem er die Neigung zu Kontinuität während längerer Zeit feststellt, die in den Schwankungen der Oberflächen-Temperatur der See und der Temperatur der Luft besteht, so daß die Anomalien der monatlichen Mitteltemperaturen gern dasselbe Vorzeichen in einer ganzen Gruppe von Monaten beibehalten. Aber zu zwei Zeitpunkten des Jahres, in den Monaten Mai-Juni und Oktober-November, besteht eine starke Neigung zu einem Bruch in dieser Kontinuität.

Weiter weist er im Gang der Anomalien, im allgemeinen, von Jahr zu Jahr, eine Neigung zu einem abwechselnden Steigen und Sinken der Mitteltemperaturen nach.

In späteren Arbeiten »Über die Wahrscheinlichkeit von periodischen und unperiodischen Schwankungen in dem Atlantischen Strome und ihren Beziehungen zu meteorologischen und biologischen Phänomenen« (1905, 1906) hat Pettersson nachzuweisen versucht, daß eine große jährliche Pulsation in der »Golfstromtrift« im Nordatlantischen Meere und im warmen Atlantischen Strom des Norwegischen Meeres bestehe, deren Wassermassen ein starkes Minimum im Frühjahr und ein gewaltiges Anschwellen im Herbst und gegen Ende des Jahres hätten. Dies sollte, soweit wir verstehen können, ungefähr gleichzeitig über der ganzen Meeresstrecke zwischen den Azoren und dem Barents Meer vor sich gehen. Die Ursache zu dieser Pulsation sieht Pettersson in der jährlichen Eisschmelzung sowohl in den antarktischen wie in den nördlichen Meeren, wobei die Wirkung dieser Eisschmelzung auf die verschiedenen Teile des Weltmeers durch eine Reihe eigentümlicher »Tiefwellen« übertragen werden sollte. Seine Schlußfolgerung erscheint uns in diesem Punkte sehr rätselhaft und unverständlich. Wir können auch nicht finden, daß die vorliegenden zuverlässigen Beobachtungsreihen die Annahme einer jährlichen Pulsation des Golfstroms, wie sie von ihm verfochten wird, stützen¹.

¹ PETTERSSON hat auch in einem längeren Abschnitt (1905) die dynamischen Verhältnisse im Atlantischen Ozean und dem Indischen Ozean und ihr Verhältnis zu den Schwankungen behandelt. Unserer Meinung nach kommt er hier zu Fehlschlüssen, die darauf beruhen, daß er die Erdumdrehung nicht mit in Betracht zieht. Deshalb entgeht es seiner Aufmerksamkeit, daß die dynamischen Schnitte mit ihren Solenoiden, und ihren auf- und abwärts gerichteten Kräften, verhältnismäßig stationäre Zustände darstellen können in Wassermassen, die in Bewegung mehr oder weniger quer zur Richtung der Schnitte begriffen sind und die laterales Gleichgewicht besitzen. Bezeichnend für diese Auffassung ist z. B., wie er den Zustand im Atlantischen Ozean im und nördlich vom Sargassomeer schildert. Er sagt (1905, S. 27): »Zwischen 26° und 30° Lat. N. hat das Wasser eine aufsteigende Tendenz, und in der Oberfläche fließt das Wasser einerseits nach dem Äquator, andererseits nach dem nördlichen Atlant. ab. Die Geschwindigkeit in der letzteren Richtung ist die größte, 47 Centimeter pro Sekunde, welche für das Oberflächenwasser des Atlants berechnet wurde. Nach meiner Ansicht ist diese lebhafte Wasserzirkulation auf den Einfluß der Eisschmelzung vor Neufundland zurück-

PETTERSSON versucht auch, große Schwankungen von Jahr zu Jahr im Atlantischen Strom des Norwegischen Meeres nachzuweisen, die er vorläufig als unperiodisch bezeichnen zu müssen meint und teilweise durch Schwankungen in der Eisschmelzung erklären will. Wir haben bei mehreren früheren Gelegenheiten gegen diese Eisschmelzungstheorie Stellung genommen und werden an dieser Stelle nicht wieder auf sie eingehen.

In seinen späteren Arbeiten [1912, 1914] meint PETTERSSON, nachweisen zu können, daß im Lauf der Zeiten große Wechsel im Erdklima (ähnlich wie von HUNTINGTON behauptet) und in der Zirkulation des Meeres eingetreten sind. Diese Wechsel sollten zum großen Teil periodisch und auf kosmische Ursachen zurückzuführen sein. Es würde uns zu weit führen, auf diese Arbeiten hier näher einzugehen.

Besonders OTTO PETTERSSONS erstgenannte Arbeit »Über die Beziehungen zwischen hydrographischen und meteorologischen Phänomenen« haben Anstoß zu mehreren wertvollen Untersuchungen über den Wechsel in der Meereszirkulation und im Klima gegeben. Als die wichtigste unter ihnen müssen wohl an erster Stelle die von Professor Dr. WILHELM MEINARDUS ausgeführte Untersuchungen genannt werden.

Nachdem er den »Zusammenhang des Winterklimas in Mittel- und Nordwesteuropa mit dem Golfstrom« [1898] und den Zusammenhang zwischen den Schwankungen in der Lufttemperatur an der norwegischen West-

zuführen. Dieses in die ozeanische Zirkulation eingreifende Phänomen wirkt aber *periodisch mit den Jahreszeiten*. Wegen des Einflusses der Jahreszeiten auf die Eisschmelzung und die Windrichtung wird die Druck- und Dichteverteilung im Meere keinen stationären Zustand annehmen können.“ Diese Folgerung baut er auf Schotts Längenschnitt durch den Atlantischen Ozean längs des Meridians für 30° O. auf, den er auch zu einem dynamischen Schnitt hat umzeichnen lassen. Die schräge Stellung der Kurven (der Isothermen, der Isosteren oder Isopyknen) in diesem Schnitt, nördlich der Zone zwischen 20° und 30° N., wird selbstverständlich zum wesentlichen Teil durch die ostwärts gehende Bewegung der Wassermassen der „Golfstromtrift“ auf der Nordseite des Sargassomeeres bedingt, und aus dieser Schrägstellung sollte sich ja gerade die Geschwindigkeit dieser Bewegung berechnen lassen. Durch Herabdrücken oder Aufstauung des leichteren Oberflächenwassers an der rechten Seite der Meeresströme (auf der nördlichen Halbkugel), also auf der inneren Seite einer antizyklonischen Bewegung, wie der des Sargassomeers, entsteht eine Aufstauung (Depression der Kurven) der wärmeren Oberflächen-Wassermassen in der Mitte dieses Meeres, was Schotts Schnitt sehr deutlich zeigt.

Die „Aufstauung“ des Bodenwassers am Äquator, ebenso wie „der kalte Auftrieb“ an der Küste Nordwestafrikas und „the cold wall“ an der Ostküste von Nordamerika, die sich PETTERSSON durch Hemmungen in der Bewegung des Bodenwassers gebildet denkt, bieten offenbar mehr oder weniger stationäre Zustände dar, die dadurch entstehen, daß die kälteren Unterschichten an der linken Seite der Ströme infolge der Wirkung der Erumdrehung emporgehoben werden. „The cold wall“ liegt auf der linken Seite des Golfstroms längs der Ostküste von Nordamerika, „der kalte Auftrieb“ vor der Küste von Nordwestafrika liegt auf der linken Seite des Kanarischen Stroms und die „Aufstauung“ des Bodenwassers an der Nordseite des Äquators liegt längs der linken Seite des nördlichen Äquatorialstroms.

küste (Kristianssund) im Herbst und den Ernteerträgen in Norddeutschland im darauffolgenden Sommer [1900] zum Gegenstand seiner Untersuchungen gemacht hatte, hat MEINARDUS, besonders in seiner Arbeit »Über Schwankungen der nordatlantischen Zirkulation und ihre Folgen« [1904, vgl. auch seine Arbeit vom Jahre 1905] die Verbindung zwischen den Temperaturschwankungen im Meere an den Küsten Jütlands und Norwegens und der Luftdruckverteilung über dem Nordatlantischen Ozean studiert. Als Indikator für diese letztgenannte benutzte er die Luftdruckdifferenz in den verschiedenen Jahren zwischen Toronto in Canada und Ivigtut in Südwestgrönland (für die Jahre 1875 bis 1900), zwischen Ponta Delgada auf den Azoren und Stykkisholm auf Island (1866 bis 1900), und zwischen Kopenhagen und Stykkisholm (1860 bis 1909). Weiter hat er damit die Eisführung des Labradorstromes bei Neufundland verglichen.

Ergeht von der Voraussetzung aus, daß Schwankungen in den Luftdruckdifferenzen zwischen Grönland und Island auf der einen Seite und Kanada, den Azoren und Kopenhagen auf der andern ähnlichen Wechseln in der Zirkulation des Meeres entsprechen; große Luftdruckdifferenzen fallen zusammen mit einer gesteigerten Meereszirkulation und umgekehrt. Weiter setzt er voraus, daß eine in dieser Weise vermehrte atlantische Zirkulation »auf den beiden gegenüberliegenden Seiten des Nordatlantik einen entgegengesetzten Einfluß auf die Wärmeführung der Meeresströmungen ausübt. Indem sie den Golfstrom beschleunigt, erhöht sie die Temperatur an den westeuropäischen Küsten, indem sie aber gleichzeitig den Labradorstrom beschleunigt, vermehrt sie dessen Eisführung, und höchst wahrscheinlich vermindert sie gleichzeitig dessen Temperatur. Bei abgeschwächter Zirkulation findet das Gegenteil statt.« MEINARDUS nimmt also keine Rücksicht auf die Verschiebungen in der Lage der großen Luftdruck-Maxima und Minima oder auf die Schwankungen in ihrer Stärke. Es kann nämlich sehr leicht vorkommen, daß z. B. das Druckminimum über dem nördlichen Meere besonders ausgeprägt ist, ohne daß es sich durch Druckdifferenzen zwischen den verschiedenen von ihm gewählten Landstationen zu erkennen gibt, da diese mehr oder weniger längs derselben Isobaren liegen können. (Dies war z. B. der Fall im Februar 1899, 1904 usw., wo die erwähnten Luftdruck-Differenzen teilweise klein waren, die Luftzirkulation über dem Nordatlantischen Meere aber sehr lebhaft, und zwar mit sehr verschiedenen Folgen für die Temperatur Europas.) Infolgedessen rechnet er auch nicht mit den möglichen Veränderungen in den Windrichtungen in den verschiedenen Teilen des Meeres. Er geht davon aus, daß z. B. eine gesteigerte Windstärke über dem Golfstrom dessen Wärmeführung vermehren und das Meere wärmer machen muß, gleichgültig ob z. B. der ge-

steigerte Wind eine mehr westliche oder nordwestliche Richtung als gewöhnlich hat.

MEINARDUS denkt sich ebenfalls, daß die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur an der norwegischen Küste bei den Leuchtfeuern Ut-sire, Hellisö und Ona, wo das Küstenwasser mit Wasser aus dem Baltischen Strom stark vermischt ist, und bei Horns Riff an der Westküste von Jütland, wo noch stärker ausgeprägtes Küstenwasser ist, unmittelbar durch die stärkere oder schwächere Zufuhr von warmen Wasser durch den »Golfstrom« hervorgerufen werden.

Selbst wenn wir, was aus dem später Angeführten (Kapitel VII) hervorgehen wird, uns dieser seiner Voraussetzungen nicht anschließen können, so ist doch sein Nachweis des Zusammenhangs zwischen den Schwankungen in den Luftdruckdifferenzen und den Schwankungen in den Oberflächen-Temperaturen an der norwegischen Küste, sowie in der Wärmemenge in der obersten Schicht des Meeres bei Horns Riff, und ebenso den Schwankungen in der Eisführung des Labradorstroms von großem Interesse.

Das Verhältnis zwischen der Luftdruckverteilung über dem Atlantischen Ozean (mit dem isländischen Minimum) und den Schwankungen in der Geschwindigkeit des Golfstroms, oder in der Meereszirkulation überhaupt denkt MEINARDUS sich wie »eine in sich geschlossene Kette von Ursachen und Wirkungen«. Eine gesteigerte »Golfstromtrift« wird das Meer im Norden wärmer machen und »eine Vertiefung des isländischen Luftdruck-Minimums zur Folge haben«, was wiederum die Luftzirkulation und die Geschwindigkeit des Golfstroms vermehren wird, und umgekehrt. Durch diese Selbstinduktion kann die Neigung zu Stetigkeit in den Temperaturabweichungen (entweder negativen oder positiven) mehrere Monate hindurch erklärt werden, meint er. Aber dadurch, daß auch die kalten Meeresströmungen, besonders der Labradorstrom, durch gesteigerte Luftzirkulation vermehrt wird (oder umgekehrt), wird der Golfstrom abgekühlt werden (oder umgekehrt), und nach der nötigen Zeit wird das auch das Meer im Osten und Norden abkühlen (oder umgekehrt) und einen Rückschlag hervorrufen.

In einer späteren Arbeit behandelt MEINARDUS, was er »Periodische Schwankungen der Eistrift bei Island« [1906 vgl. auch 1908] nennt¹.

Die Hauptergebnisse, zu denen MEINARDUS in diesen seinen Arbeiten kommt, sind u. a. folgende:

Aus starker atlantischer Zirkulation (großer Luftdruckdifferenz zwischen Island und Europa im August bis Februar) folgt:

¹ Eine Übersicht über die Ergebnisse von MEINARDUS und anderen früheren Arbeiten findet man bei GROSSMANN [1908].

- 1) Hohe Wassertemperaturen an der europäischen Küste (November bis April);
- 2) Hohe Lufttemperaturen in Mitteleuropa von Februar bis April;
- 3) Eisreichtum bei Neufundland im Frühjahr;
- 4) Relative Eisarmut bei Island im Frühjahr (in 70 bis 80^{0,0} der Fälle?) im Vergleich mit vorausgehenden und nachfolgenden Jahren¹;
- 5) Gute Weizen- und Roggenernte in Westeuropa und Norddeutschland.

Bei schwacher atlantischer Zirkulation (geringer Luftdruckdifferenz zwischen Island und Europa im August bis Februar) verhält es sich umgekehrt.

MEINARDUS erachtet es für unwahrscheinlich, daß die Schwankungen in den Wassermassen des Labradorstroms sonderlichen Einfluß auf die Temperatur der oberen Wasserschicht des Atlantischen Ozeans haben können, da das kalte und deshalb schwerere Wasser dieser Strömung, östlich und südlich von Neufundland, unter das wärmere, wenn auch salzigere Wasser des Golfstroms untertaucht. »Eine belangreiche Vermischung der heterogenen Wasser wird vielleicht in der unteren Grenzschicht des Golfstroms stattfinden, aber kaum in seinen oberen Schichten.« Dagegen meint er, daß die Eisberge allerdings eine stark abkühlende Einwirkung auf die obere Wasserschicht des Golfstroms ausüben können, die sich bisweilen bis ganz hinüber nach der Westküste von Europa fühlbar machen kann. Wie wir gleich sehen werden, sind das Gesichtspunkte, die denen von Schott verfochtenen gänzlich entgegengesetzt sind; Schott war nämlich der Ansicht, daß die Temperaturschwankungen in der Oberfläche des Atlantischen Ozeans auf Schwankungen in den vom Labradorstrom geführten Wassermassen zurückzuführen seien, aber dagegen nicht auf das Eis, außer verhältnismäßig lokal.

In seinen bekannten Untersuchungen über die Aktionszentren der Atmosphäre berührt H. HILDEBRAND HILDEBRANDSSON [1897, 1899] auch den Einfluß der Meeresströmungen auf das Klima. Er weist nach, daß der Niederschlag im Winter in Thorshavn denselben Charakter hat wie der Niederschlag des vorigen Sommers in St. Johns (Neufundland) und des

¹ Das sollte allein für die unperiodischen Schwankungen der einzelnen Jahre im Verhältnis zu den nächsten Jahren gelten. Für die länger andauernden periodischen Schwankungen findet er [1906] dagegen, daß die langen Perioden von eisreichen Jahren bei Island zusammenfallen sollten mit verhältnismäßig niedrigem Luftdruck auf Island und gesteigerter atlantischer Zirkulation, und die eisarmen Perioden umgekehrt mit hohem Luftdruck auf Island und geschwächter atlantischer Zirkulation.

folgenden Sommers in Berlin. Er hebt hervor, daß die milden und regenreichen Winter in Nordwesteuropa durch eine starke Entwicklung des barometrischen Minimums zwischen Island und Norwegen unmittelbar verursacht wird. Ein kontinuierlicher Luftstrom aus Südwesten wird dann entlang der »Golfstromtrift« herbeigeführt; solche südwestliche Winde werden die Geschwindigkeit dieser Trift vergrößern und dadurch aller Wahrscheinlichkeit nach die Temperatur der Meeresoberfläche erhöhen.

Wie es sich nun auch damit verhält — sagt HILDEBRANDSSON — ist es einleuchtend, daß, falls der Niederschlag in Thorshavn den Niederschlag des folgenden Sommers in Berlin bestimmte, der Niederschlag des vorigen Frühjahrs und Sommers auf Neufundland auch den Winter-Niederschlag bei Thorshavn bestimmt. Neufundland liegt aber nicht im »Golfstrom«, sondern im kalten Labradorstrom. Es möge dann behauptet werden, daß eine Verstärkung des Labradorstroms auf den »Golfstrom« abkühlend wirkt, und daß diese Abkühlung sich erst nach einem halben Jahr bei Thorshavn geltend mache. In dieser Weise möchten die nachgewiesenen, sukzessiven Änderungen des Niederschlags durch Schwankungen der nordatlantischen Meeresströme erklärt werden.

Gleichzeitig hat aber HILDEBRANDSSON auch nachweisen können, daß in 15 Jahren nacheinander eine deutliche Übereinstimmung besteht zwischen den Niederschlägen im Winter in British Columbia an der pazifischen Küste, und der Regenmenge des folgenden Herbstes auf den Azoren. In diesem Falle ist es wohl ausgeschlossen, daß die Übereinstimmung der Niederschlagsverhältnisse durch die Meeresströmungen verursacht sein kann.

Nach der Auffassung HILDEBRANDSSONS wäre es noch zu früh, nach den Ursachen dieser Phänomene zu suchen. Man kann mit Sicherheit nur behaupten, daß eine Wechselwirkung besteht zwischen der Atmosphäre und der Oberfläche des Meeres und des Festlandes, und daß eine Störung, die an einer Stelle auftritt, auch in beträchtlichen Abständen mehr oder weniger fühlbar wird. Die Ursache einer Erscheinung muß man häufig in einer anderen suchen, die ganz wo anders auftrat, vielleicht auf der anderen Halbkugel. Möglicherweise ist es nicht nur ein bloßer Zufall, wenn längere Trockenperioden in Europa in denselben Jahren vorkommen, wo das Treibeis und die Eisberge der antarktischen Meere eine große Verbreitung haben, und die Eisberge sogar nördlich bis zum Breitengrad des Kaps der guten Hoffnung erreichen.

In den späteren Fortsetzungen seiner Arbeit [1909, 1910, 1914] hat HILDEBRANDSSON stark betont, daß hinsichtlich der Schwankungen von Luftdruck, Temperatur und Niederschlag besonders im Winter ein ausgeprägtes Gegensatzverhältnis zwischen denjenigen Aktionszentren besteht,

wo ein Luftdruck-Minimum ist, und denen mit einem Luftdruck-Maximum, zwischen Island und den Azoren, zwischen Alaska und Sibirien, zwischen Feuerland und Tahiti. während ausgeprägte Übereinstimmung zwischen den Aktionszentren der gleichen Art besteht, wie z. B. zwischen den Schwankungen in den zwei Luftdruck-Maxima den Azoren und Sibirien,

HILDEBRANDSSON meint, daß die Hauptursache zu diesen Schwankungen, die also in entgegengesetzter Richtung an den Aktionszentren verschiedener Art (Luftdruck-Minima und Luftdruck-Maxima) gehen, nicht in den tropischen Klimaten, die sehr regelmäßig sind, zu suchen seien, ebenso wenig wie in den temperierten Zonen, wo keine Erscheinung hinreichend große Schwankungen von einem Jahr zum andern aufweist, um die Ursache zu so bedeutenden Unterschieden zwischen den verschiedenen Typen der Zeiten bilden zu können. Die Hauptursache muß deshalb, meint er, im Polarmeer, im Zustand des Polareises, gesucht werden. Während eines warmen Sommers in den nördlichen Gegenden sollte nach seiner Meinung das Eis zerstreut und teilweise geschmolzen werden, und das sollte zur Folge haben, daß im nächsten Winter, Februar und März, größere Eismassen als gewöhnlich nach Island kommen. Dies sollte dann die Temperatur im Meere zwischen Island, Schottland und Norwegen zum Sinken bringen, was wiederum seinerseits den Luftdruck über demselben Meere zum Steigen bringen sollte. Das sollte wiederum die Temperatur in den Teilen der Erde, die unmittelbar von diesem Aktionszentrum berührt wären, beeinflussen, aber auch — in derselben oder entgegengesetzten Richtung — andere Aktionszentren auf der Erde beeinflussen, vielleicht teilweise auf große Entfernungen.

Wie HILDEBRANDSSON sich es erklären will, daß ein warmer Sommer eine gesteigerte Verbreitung des Eises verursachen sollte, und deshalb eine größere Zufuhr von Eis nach Island im folgenden Winter, darauf geht er nicht näher ein. Er scheint nicht beachtet zu haben, daß die Schwankungen in der Ausbreitung und der Trift des Polareises in wesentlichem Grad von den Schwankungen in den vorwaltenden Winden (das will also sagen in der Luftdruck-Verteilung) beeinflusst sind, während die Temperatur unmittelbar wenig oder nichts damit zu tun hat. Die Folge eines warmen Sommers müßte doch wohl am ehesten die sein, daß mehr Eis als gewöhnlich geschmolzen wird, besonders in dem Meere östlich von Grönland, und daß die Eismengen, die südwärts nach Island geführt werden könnten, dadurch vermindert würden. Das Ergebnis sollte folglich das entgegengesetzte von dem sein, das HILDEBRANDSSON voraussetzt. Wenn er zum Beweis für die Richtigkeit seiner Annahme auf die Übereinstimmung zwischen den Temperaturschwankungen in dem nördlichsten Norwegen im

Sommer und den Temperaturschwankungen auf Island im folgenden Winter hinweist, so ist hierzu zu bemerken, daß wir ja jedenfalls eine solche Uebereinstimmung erwarten müßten, falls wir an der alternativen Schwankung in der Jahrestemperatur mit den geraden und ungeraden Jahren festhalten, wie sie schon von Wojeikoff angedeutet worden sind.

Man wird sehen, daß die Hauptursache, die HILDEBRANDSSON für die Schwankungen in der Meerestemperatur östlich von Island annimmt, ganz verschieden von der ist, die von HANN (siehe unten) hervorgehoben worden ist, der Schwankungen im NO-Passat die Hauptbedeutung beimißt.

Im übrigen werden wir die Einzelheiten in HILDEBRANDSSONS hochinteressanter Untersuchung über die Aktionszentren hier nicht näher erörtern, da wir hierauf in einem späteren Kapitel zu sprechen kommen, wo wir die großen Schwankungen im Klima der Erde im allgemeinen erörtern werden.

Noch soll hier bloß erwähnt werden, daß HILDEBRANDSSON hervorhebt, daß Klimaschwankungen (Temperaturschwankungen) einer höheren Ordnung bestehen, die dazu neigen, die oben berührten Schwankungen in den verschiedenen Aktionszentren zu überschatten. Da diese Schwankungen einer höheren Ordnung über der ganzen Erde bemerkbar sind, wird man genötigt, für sie eine *kosmische Ursache* anzunehmen, und in erster Linie muß man dann an *die Wärme denken, die von der Sonne ausstrahlt*.

H. N. DICKSON [1901] hat durch eine große Menge von Oberflächen-Beobachtungen, die durch gewöhnliche Handelsschiffe gesammelt waren, die Ausbreitung von Temperatur und Salzgehalt in der Oberfläche des Nordatlantischen Meeres in jedem Monat des Jahres vom Anfang 1896 bis Ende 1897 studiert. Er meint, dadurch nachweisen zu können, daß große periodische Jahreszeitwechsel, und ebenso unperiodische Jahresschwankungen in der Zirkulation des Oberflächenwassers im Atlantischen Ozean bestehen, und diese Schwankungen sollten wesentlich durch Schwankungen in der Luftdruckverteilung und der Zirkulation der Atmosphäre bedingt sein, und zwar sowohl die periodischen Jahreszeitwechsel wie bedeutende unperiodische Schwankungen. Im Anschluß an PETERSSON und MEINARDUS meint er auch, daß Schwankungen in der Oberflächentemperatur des Meeres die Luftdruckverteilung der Atmosphäre beeinflussen.

Mit DICKSONS Studien über die Verteilung von Temperatur und Salzgehalt in der Oberfläche des Nordatlantiks muß man die späteren Untersuchungen derselben Art vergleichen, die J. DONALD MATHEWS [1907] für die Jahre 1904 und 1905 behandelt hat, und die internationalen Untersuchungen, die in dem hydrographischen Bulletin (herausgegeben von dem internationalen Bureau in Kopenhagen) für die Jahre nach 1905 veröffentlicht sind.

Von Interesse für unsern Gegenstand ist Prof. GERHARD SCHOTTS Abhandlung »Die große Eistrift bei der Neufundlandbank und die Wärmeverhältnisse des Meereswassers im Jahre 1903« [1904], die zwei Monate vor MEINARDUS' obenerwähnter Arbeit über die Schwankungen der nordatlantischen Zirkulation in derselben Zeitschrift (Ann. d. Hydr. und Mar. Meteor.) veröffentlicht wurde. SCHOTT kommt hier zu dem Schluß, daß die ungewöhnlich große Menge von Eisbergen an der Neufundlandbank im Frühjahr 1903, vom März bis in den Juli hinein, und die durchgängig niedrige Oberflächen-Temperatur im Atlantischen Ozean (nach seiner Annahme besonders in dessen östlichem Teil im Frühjahr) wesentlich auf Schwankungen in der Intensität des Golfstroms wie des Labradorstroms zurückzuführen sein sollen, und zwar in der Weise, daß eine Steigerung der Geschwindigkeit des Golfstroms den Labradorstrom steigern sollte, wodurch auch die Eistrift gesteigert wird. Das Sinken der Oberflächen-Temperatur des Meeres sollte überhaupt im großen ganzen nicht auf die abkühlende Wirkung des Eises zurückzuführen sein, sondern von der Ausbreitung der kalten Wassermassen, die von dem gesteigerten Labradorstrom geführt werden, herrühren. Das Schmelzen des Eises spielt eine verschwindende Rolle für das große Meer und kann für die Abkühlung des Meeres allein einen mehr örtlich begrenzten Einfluß haben; es läßt sich z. B. auch nicht denken, daß sie »irgendeine unmittelbare Wirkung auf die Wärmeverhältnisse Westeuropas« ausübt. »Wir schließen vielmehr, daß das Eis nicht Ursache, sondern zunächst mehr eine Folge, nur eine Begleiterscheinung der abnormen Wärmeverhältnisse und der Stromveränderungen gewesen ist.«

Als die primäre Ursache zu den erwähnten Schwankungen in der Stärke der Strömung, denkt SCHOTT sich die von der Luftdruckverteilung bedingten Winde, in Übereinstimmung mit MEINARDUS.

Indem SCHOTT die Oberflächen-Temperaturen der Schiffstagebücher für die verschiedenen Gradfelder im Meere zusammenstellt, kommt er zu der Auffassung, daß »der Golfstrom im Frühjahr 1903 einen sehr energischen Vorstoß nach Osten bis zur Mitte des Ozeans gemacht hat, unter Vermehrung seines Wärmehaltes und unter Vergrößerung seiner Geschwindigkeit. Dieser Vorstoß hat seinerseits Veranlassung gegeben zu einer Verstärkung des kalten Labradorstroms.«

Dieser Vorstoß des Golfstroms sollte sich durch ausgeprägte positive Anomalien für die Oberflächen-Temperatur im ganzen westlichen Teil des Meeres im Frühjahr geltend machen. Im Februar treten die positiven Anomalien wesentlich in den Feldern westlich von 60° W. auf, obwohl er sie auch zwischen 40 und 50° W. findet. Im März und April vermehren sich

diese Anomalien stark und verbreiten sich ostwärts im Meere bis ganz zum 45° W. im März, und bis zum 30° W. im April; aber darauf ziehen sie sich wieder in westlicher Richtung zurück, und die meisten Teile des Meeres sind verhältnismäßig stark abgekühlt während des ganzen Sommers und im ersten Teil des Herbstes.

SCHOTT erklärt nicht, warum eine derartige Steigerung des Golfstroms sich in einer so starken Steigerung des viel kleineren und unbedeutenderen Labradorstroms äußern sollte, daß das Endergebnis eine mächtige Abkühlung der Oberfläche des Atlantischen Ozeans in so gut wie seiner ganzen Breite wird, anstatt eine Erwärmung zu ergeben, wie man erwarten sollte. Auch erörtert er nicht, wie die von dem Labradorstrom abgekühlten, kalten Wassermassen sich über die Oberfläche des Meeres ausbreiten können, ungeachtet dieses, wie von MEINARDUS hervorgehoben, infolge seiner Schwere die Neigung hat, unter das warme Golfstromwasser zu sinken.

Betrachten wir nun vergleichshalber das Ergebnis unserer Zusammenstellungen der Oberflächen-Temperaturen in genau demselben Meeressgebiet: Der Kanal—New York, den auch SCHOTT untersucht hat, so finden wir indessen, daß sie ein sehr verschiedenes Bild liefern von dem SCHOTTS. Die negativen Temperatur-Anomalien sind im ganzen größer und haben eine größere Verbreitung über der Oberfläche des Meeres, als bei ihm im Februar und März bis in den April, und es ist in diesen Monaten keine Andeutung zu einer derartigen Steigerung der Tätigkeit des Golfstroms zu ersehen, wie von ihm angenommen. Außer im östlichsten Teil des Meeres im Februar (siehe Tafel XXVI), finden wir nur im aller westlichsten Teil zwischen 60 und 70° W. positive Anomalien sowohl im Februar, wie im März und April. Allerdings besteht eine Steigerung in dieser westlichen positiven Anomalie in diesen Monaten, aber es findet keine Ausbreitung ostwärts statt, und schon im Nachbarfeld zwischen 50 und 60° W. ist eine Steigerung der negativen Anomalie vom Februar bis März-April vorhanden, ebenso wie im ganzen Meere ostwärts (siehe Tafel XXVII, XXVI die Kurven W unten, und Fig. 20, und 41 die Kurven für 1903).

Diese Unstimmigkeit zwischen SCHOTT und uns erscheint um so merkwürdiger, als wir, wenigstens zu einem größeren Teil, dasselbe Beobachtungsmaterial aus den Schiffstagebüchern der Deutschen Seewarte benutzt haben müssen. Durch Vergleichung der Temperaturen für die einzelnen Felder, die SCHOTT in seiner Karte für Februar 1903 auf Tafel 18 gibt, mit unserem Material finden wir beträchtliche Abweichungen (vgl. auch unsere Tafel IV mit Schotts Tafel 18). Leider gibt SCHOTT nicht die Anzahl der Beobachtungen für die einzelnen Felder an, aber da wir u. a. Temperaturen für eine ganze Reihe von Feldern haben, wo er auf seinen Karten

keine hat, müssen wir annehmen, daß unser Material erschöpfender gewesen ist, als das seine, und deshalb ein zuverlässigeres Bild liefert.

Ferner glauben wir auch, daß unser Verfahren, die Beobachtungen in *Zweigrad*-Feldern zu sammeln, seinen *Eingrad*-Feldern vorzuziehen ist, jedenfalls wo die Anzahl der Beobachtungen in jedem Felde so gering ist, wie hier, da sonst eine einzelne zufällige Beobachtung eine allzu große Rolle spielen kann; aus unserem Material glauben wir sehen zu können, daß einer ganzen Reihe von Temperaturwerten SCHOTTS in den verschiedenen Feldern nur einzelne Beobachtungen zugrunde liegen.

Indessen genügt dies noch nicht, um den Unterschied zwischen seinem Ergebnis und dem unsern zu erklären. Hierzu muß auch ferner noch beitragen, daß er seine Normaltemperaturen für die einzelnen Felder der »Quadratarbeit« der Deutschen Seewarte entnommen hat; während wir unsere als Mittel aller von uns behandelten Beobachtungen für die Elfsjahrsperiode 1900 bis 1910 berechnet haben. Weiterhin haben wir zur Berechnung der Temperaturanomalien als Temperaturnormalen allein die Reihe von 48 Feldern benutzt, wo wir fanden, daß die Zahl der Beobachtungen in den verschiedenen Jahren so groß war, daß man erwarten konnte, sie würden den wirklichen Verhältnissen gut entsprechende Werte ergeben. Dadurch hoffen wir, Ergebnisse erzielt zu haben, die ein zuverlässiges Bild von dem Gang und der Ausbreitung der Temperaturschwankungen liefern. Daß dies wirklich der Fall ist, scheint ja auch, wie bereits betont wurde, sich durch die gegenseitige gute Übereinstimmung zwischen unseren Kurven zu ergeben.

Nach den Ergebnissen, die die Zusammenstellung unseres Beobachtungsstoffs liefert, meinen wir, sagen zu können, daß in der Zeit von Anfang Februar bis Mitte April 1903 keine derartige Steigerung in der Stärke des Golfstromes vorhanden war, wie von Prof. SCHOTT angenommen. Im Gegenteil, die Oberflächen-Temperaturen waren im ganzen Meeresstrich von 60° W. und ostwärts bis ganz hinüber zu ungefähr 25° W. bereits im Februar bedeutend unter dem Normalen; ja im westlichen Teil dieses Strichs, das will insbesondere sagen zwischen 50 und 60° W., war das Oberflächen-Wasser ungewöhnlich kalt, viel kälter jedenfalls als in den vorhergehenden Jahren, mit Ausnahme von 1899. Und die niedrige Temperatur sank verhältnismäßig noch niedriger im März und April über dem ganzen Gebiet von 60° W. an und ostwärts bis ganz zu 10° W. Zwar bestand in dieser Zeit, wie erwähnt, eine starke Steigung der positiven Temperatur-Anomalie (von $+0.3^{\circ}$ C. bis $+1.7^{\circ}$ C.) in dem westlichsten Feld zwischen 60 und 70° W., aber sie läßt sich nicht leicht durch irgendwelche Steigerung der Stärke des Golfstroms erklären, denn dann müßte

diese sich auch im Nachbarfeld zwischen 50 und 60° W. geltend gemacht haben, wo wir indessen eine abnorm niedrige Temperatur finden und ein Sinken in den Anomalien von -1.8° C. im Februar bis auf -2.1° C. im März-April.

Dr. WILHELM BRENECKE hat die »Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen des Ostgrönländischen Meeres« [1904] untersucht. Prof. G. SCHOTT hat »Die Grenzen des Treibeises bei der Neufundlandbank« usw. [1904] behandelt, und schließlich hat Dr. L. MECKING »Die Eistrift aus dem Bereich der Baffin-Bai, beherrscht von Strom und Wetter« [1905] und »Die Treibeiserscheinungen bei Neufundland in ihrer Abhängigkeit von Witterungsverhältnissen« [1907] studiert. Das Hauptergebnis dieser verschiedenen Untersuchungen geht darauf hinaus: 1) Die Schwankungen in der Eistrift sowohl des ostgrönländischen Polarstroms wie des Labradorstroms werden durch Schwankungen in der Verteilung des Luftdrucks bedingt. 2) Aus diesem Grunde werden die Schwankungen von Jahr zu Jahr in den Eisverhältnissen bei Neufundland und Island meist in entgegengesetzter Richtung gehen; starke Eistrift bei Neufundland mit gleichzeitiger schwacher Eistrift bei Island und umgekehrt. 3) Das Schmelzwasser der Eismassen bei Neufundland hat keinen nachweisbaren unmittelbaren Einfluß auf die Temperaturen des Meeres an der Westküste Europas. 4) In den ungewöhnlich eisreichen Jahren im ostgrönländischen Meere zeigt sich eine Herabsetzung sowohl der Oberflächen-Temperatur dieses Meeres wie auch der Luft-Temperatur im März bis Mai auf Island und im nördlichen Europa (bei Bodö an der norwegischen Küste, Kopenhagen, wenn auch weniger); in eisarmen Jahren ist die Temperatur stets höher als in den normalen Jahren. Mit ungewöhnlichem Eisreichtum im ostgrönländischen Meere sollte auch niedrige Oberflächen-Temperatur in der See an der Ostküste von Island (Papey), bei den Færöern (Thorshavn) und an der norwegischen Küste (Ona und Andenes) folgen.

Professor HANN [1904—1905] hat das Verhältnis zwischen den Schwankungen der Temperaturen über Nordwest- und Mitteleuropa (Greenwich, Brüssel und Wien) studiert. Schon A. BUCHAN erkannte im Jahre 1867 den Zusammenhang zwischen der Luftdruck-Anomalie in Stykkisholm und den Temperatur-Anomalien über den britischen Inseln. Er wies nach, daß die Kälteperiode im Jahre 1867 in Schottland mit hohem Luftdruck über Island und Nordschottland und niedrigem Luftdruck über dem Kanal und Südwesteuropa zusammenfällt, während die große Hitze im Juli 1868 in Schottland mit ungewöhnlich niedrigem Luftdruck über Stykkisholm und hohem Luftdruck über Schottland zusammenfällt. Das letzterwähnten Verhältnis bestand auch im September 1865. Durch Untersuchungen einer

langen Jahresreihe kommt HANN zu dem Ergebnis, daß »eine Vertiefung des Luftdruckminimums bei Island eine Erhöhung der Wintertemperatur über Nordwest- und Mitteleuropa bedingt, eine Abschwächung desselben eine Erniedrigung derselben. Inwieweit die Intensität dieses nordatlantischen Barometer-Minimums von der positiven oder negativen Temperatur-Anomalie des Meerwassers in dem Nordatlantik abhängt, diese Frage selbst nur zu streifen«, sagt er, »liegt außerhalb der Zielpunkte dieser Abhandlung. Ein derartiger Zusammenhang ist höchst wahrscheinlich, aber sehr schwierig bleibt es, Ursache und Wirkung auf diesem Gebiet stets entschieden auseinander zu halten. Auf einen Punkt möchten wir aber hinweisen. Während die Anomalie der Meerestemperatur oft länger als ein Jahr das gleiche Zeichen behält, wechselt die Luftdruck-Anomalie bei Island das Vorzeichen öfters. Die Anomalie der Meerestemperatur und jene des Luftdrucks stimmen oft nicht überein im Sinne: Meer +, Luftdruck —.« Im Sommerhalbjahr findet er das Verhältnis zwischen dem Luftdruck auf Island und der Temperatur in Europa wechselnder, wie es ja zu erwarten ist.

In derselben Abhandlung untersucht HANN auch das Verhältnis zwischen den Schwankungen in den beiden Aktionszentren der Atmosphäre über dem Nordatlantischen Ozean: dem Luftdruck-Minimum bei Island und dem Hochdruckgebiet bei den Azoren. Er findet, daß in einer überwiegenden Anzahl von Fällen verhältnismäßig niedriger Luftdruck auf Island (Stykkisholm) zusammenfällt mit verhältnismäßig hohem Luftdruck auf den Azoren (Ponta Delgada), und umgekehrt niedriger Luftdruck in Ponta Delgada und verhältnismäßig hohem Luftdruck in Stykkisholm. Diesen Zusammenhang denkt er sich zum Teil in der Weise erklären zu können, daß z. B. ein hoher Luftdruck bei den Azoren meist zusammenfallen muß mit »einer gesteigerten Tätigkeit der atmosphärischen Zirkulation. Wenn der N.E.-Passat viel kräftiger weht als durchschnittlich, wird er das Maximum zu seiner Rechten stärker aufstauen. Dadurch wird aber auch der atmosphärische Wirbel über dem Nordatlantischen Ozean verstärkt, und damit auch in seinem Zentrum, bei Island, das Luftdruckminimum vertieft: der gesteigerte Hochdruck bei den Azoren und die meist damit verbundene Vertiefung der Luftdruckminimums bei Island können somit wie Ursache und Wirkung verknüpft sein.«

Professor GROSSMANN hat »die Beziehung zwischen den Temperaturen des Nordatlantischen Ozeans und von Nordwest- und Mitteleuropa« [1908] studiert, und inwieweit dieses Verhältnis sich zu Temperatur-Prognosen benutzen läßt. Er führt, wie oben erwähnt, ausführlich frühere Arbeiten über denselben Gegenstand an. Auch er scheint irrtümlicherweise davon

auszugehen, daß Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Küstenwassers längs der norwegischen Küste unmittelbar in Verbindung mit Schwankungen im »Golfstrom« stehen sollten. Indem er eine längere Jahresreihe untersucht, kommt er zu dem Ergebnis, daß eine Temperatur-Prognose für Nordeuropa, die auf der Temperatur der See an der norwegischen Küste fußt, im großen ganzen unsicherer ist, als eine Prognose, die auf den örtlichen Temperaturverhältnissen der verschiedenen Stellen fußt, da die früher erwähnte Erhaltungstendenz der Temperaturabweichungen und der Änderungen der Temperatur von Monat zu Monat, und teilweise auch von Vierteljahr zu Vierteljahr, gewisse Bedingungen für Temperatur-Prognosen liefert. Indem er also unrichtig annimmt, daß die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Küstenwassers längs der norwegischen Küste mit Schwankungen im »Golfstrom« zusammenfallen, kommt er zu der Überzeugung, »daß die Schwankungen der Temperatur des »Golfstroms« nicht direkt die Ursache der Erscheinung (d. h. der Erhaltungstendenz der Temperaturabweichungen usw.) sein können, sondern daß wir es mit einer Erhaltungstendenz der Luftdruckverteilung, der Wetterlage, samt deren mehr oder weniger regelmäßigen, in längeren Beobachtungsreihen so scharf hervortretenden Unterbrechungen zu tun haben.«

GROSSMANN meint, daß, ehe man die von MEINARDUS betonte Wechselwirkung zwischen den Meerestemperaturen und der Luftdruckverteilung als eine ausreichende Erklärung ansehen kann, es u. a. erst bewiesen werden müßte, daß »die beobachteten Unterschiede der Meerestemperaturen in ihrer Wirkung ausreichen, um Unterschiede in der Luftdruckverteilung hervorzurufen, wie sie uns in dem Mittelwert der Luftdruckunterschiede sowie in den Karten der Luftdruckverteilung verschiedener Perioden hervorgetreten sind«. GROSSMANN »neigt der Ansicht zu, daß neben jener von MEINARDUS gelehrtten Mittelwirkung von Luftdruckverteilung und Meeres-temperaturen eine mächtigere, von uns noch nicht ergründete, höhere Ursache die Erhaltung sowie die periodische Unterbrechung, oder wohl richtiger Wandlung der Luftdruckverteilung hervorruft und damit zugleich die Parallelität der Meeres- und Lufttemperaturen zur Folge hat.«

Die Schwankungen in der Temperatur des Meeres, und ihr Verhältnis zu den Schwankungen in der Luftdruckverteilung über den nördlichen Gebieten und in der Lufttemperatur in Europa sind in den obengenannten Abhandlungen nur mit Hilfe der jährlichen Beobachtungen der Oberflächen-Temperatur im Küstenwasser längs der norwegischen Küste (und der Küste von Jütland) untersucht worden. Erst in den späteren Jahren sind die Schwankungen der Oberflächen-Temperatur im Atlantischen Ozean selbst zum Gegenstand methodischer Untersuchungen gemacht worden.

Hier muß in erster Linie Dr. JOHANNES PETERSENS Abhandlung »Unperiodische Temperaturschwankungen im Golfstrom und deren Beziehung zu der Luftdruckverteilung« [1910] genannt werden, die den Beobachtungsstoff (von der Deutschen Seewarte) aus demselben Gebiet längs des Schifffahrtswegs Kanal—New-York behandelt, das wir untersucht haben. PETERSEN hat sich 12 Stationen längs dieser Route ausgewählt, mit einem Abstand von durchgehends 5 Längengraden zwischen jeder Station¹. Jede Station bestand aus einem Eingrad-Feld (also mit einer Ausdehnung von einem Längengrad und einem Breitengrad), innerhalb dessen alle Beobachtungen für jeden Monat des Jahres gesammelt wurden (ohne Rücksicht auf Dekaden) und zwar in den zwanzig Jahren 1883 bis 1902. Dieser Anordnung haftet die Schwäche an, daß bei so kleinen Feldern, wie von nur einem Grad an Breite und Länge, die Anzahl von Beobachtungen selbst für einen ganzen Monat durchgängig zu gering werden wird, um zuverlässige Ergebnisse zu liefern, besonders in Gebieten, wo die Schwankungen groß sind. Die Anzahl Beobachtungen für jede Station im Monat, sagt PETERSEN, wechselte durchschnittlich zwischen 5 und 20, aber außerdem waren viele Löcher vorhanden. Sein Beobachtungsstoff für die Zeit Februar bis April war bedeutend geringer als der, den wir behandeln haben, weshalb die Temperatur-Kurven für seine einzelnen Stationen gegenseitig weniger gute Übereinstimmung aufweisen, als die Kurven für unsere einzelnen Zwei-Längengrad-Felder; sie müssen deshalb aller Wahrscheinlichkeit nach als den wirklichen Verhältnissen weniger gut entsprechend angesehen werden.

Zeichnen wir die Kurven für Februar und März für PETERSENS einzelne Stationen oder Eingradfelder, so wird man sehen, daß diese Kurven gegenseitig einigermaßen gut in den östlichsten Stationen übereinstimmen, aber schlechter (speziell für März) je weiter man nach Westen kommt. Vergleichen wir sie mit unseren für die erste und zweiten Dekadengruppe für die Jahre 1898 bis 1902, wo wir ebenfalls Beobachtungen haben, dann finden wir eine ganz gute Übereinstimmung zwischen den Kurven für PETERSENS östlichstes Feld, Station 1 (zwischen 12° und 13° W-Lg. und 49° und 50° N-Br.), und denen für unser Feld zwischen 12° und 14° W-Lg. und 49° und 50° N-Br.; aber für die Felder westlich davon ist die Übereinstimmung weniger auffallend und sie wird schlechter, je weiter wir nach Westen kommen, bis sie westlich von 41° W-Lg. anscheinend verschwindet. Das ist aber nur, was wir erwarten mußten. In den östlichsten Gebieten sind die Verhältnisse soweit gleichartig, daß selbst wenige Beobachtungen aus einem kleinen Feld einigermaßen zuverlässige Mittelwerte liefern können, während für die Gebiete weiter westwärts ein ausgiebigerer Beobachtungsstoff nötig ist; und dort genügen, wie wir gesehen haben, nicht einmal unsere Zweigrad-Felder mehr.

¹ Die Lage der Beobachtungsstationen ist folgende:

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Länge W.	12°	17°	22°	27°	31°	36°	41°	46°	51°	56°	61°	66°
Breite Jan.—Juli	49°	49°	48°	47°	46°	45°	43°	41°	41°	40°	40°	40°
Aug.—Dez.	50°	50°	50°	49°	49°	48°	47°	46°	45°	44°	42°	41°

Wenn man die Mittel der Temperatur-Anomalien für je 2 und 2 von PETERSENS Stationen, die innerhalb jedes unserer 10-Längengrad-Felder (zwischen 10° und 20° W-Lg. usw.) liegen, können wir erwarten, zuverlässigere Werte zum Vergleich mit den unsern zu erhalten. In Fig. 13 stellen die voll ausgezogenen Kurven die in dieser Weise gefundenen Werte für PETERSENS Stationen für 1898 bis 1902 dar, und zwar für Februar und März, und die gestrichelten Linien geben die entsprechenden Kurven für jedes unserer 10-Längengrad-Felder wieder. Die Übereinstimmung ist, besonders in den östlicheren Feldern besser, als man nach dem, was wir oben gefunden hatten, erwarten konnte.

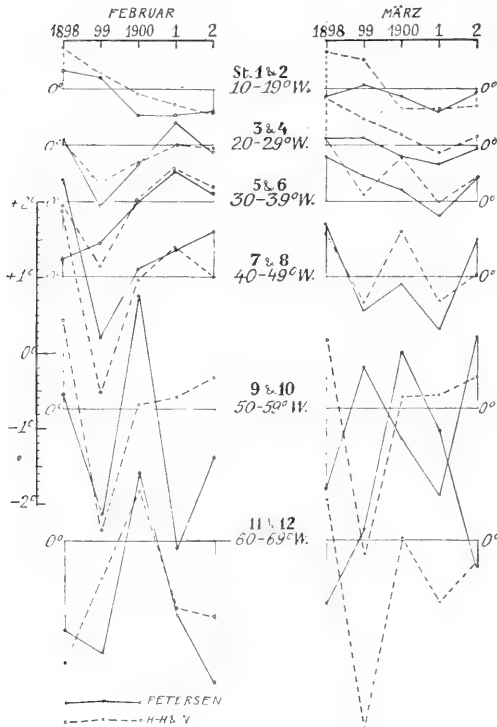


Fig. 13. Kurven für die Temperatur-Anomalien für Februar und März, 1898 bis 1902, an PETERSENS zwei und zwei Stationen (die voll ausgezogenen Linien), mit den Anomalie-Kurven für unsere entsprechenden 10-Längengrad-Felder für Februar und März-April (den gestrichelten Linien) zusammen-gestellt.

Beim Vergleichen der Petersenschen Kurven für März mit unsern für die letzte Dekadengruppe, darf man nicht vergessen, daß diese letztere vom 15. März bis 13. April reicht, und die Zeiten für die Kurven fallen demnach nicht zusammen, was zum Teil die Unstimmigkeiten erklären mag; aber nicht erklären läßt sich die auffällige Abweichung zwischen den Kurven für das Feld 50° – 59° W-Lg. Bei diesem Feld fallen unsere Kurven von der ersten und letzten Dekadengruppe für die Jahre 1898 bis 1902 fast vollständig zusammen, und wir müssen deshalb berechtigt sein, zu schließen, daß die Verhältnisse sich in jedem dieser Jahre gleichartig in diesem Gebiet in der Zeit von der ersten bis zu zweiten Dekadengruppe gestaltet haben. Es wird demnach kein Platz werden für die großen Unstimmigkeiten, die PETERSENS Kurven hier aufweisen, weshalb wir folgern müssen, daß diese nicht repräsentativ sind.

Das Hauptergebnis von PETERSENS Untersuchungen sollte sein: daß die jährlichen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Atlantischen Ozeans von der Luftdruckverteilung bedingt sind, die ihrerseits wiederum die

Winde bedingt. Er hat jedoch keinen Versuch gemacht, die Wirkung dieser Luftdruckverteilung quantitativ zu bestimmen.

Er findet, daß die *Lage* des isländischen Luftdruck-Minimums für die Schwankungen der Oberflächen-Temperatur im Atlantischen Ozean von besonderer Bedeutung ist: »Die unperiodischen Veränderungen der Lage der isländischen Depression verursachen dementsprechende Windrichtungs-Veränderungen, die nach ein bis zwei Monaten sich durch Erhöhung oder Erniedrigung der Meerestemperaturen bemerkbar machen. So ruft im be-

sonderen eine sehr westliche Lage der Depression mittels der Winde zu hohe Temperaturen im ostatlantischen Ozean hervor, eine anormale östliche Lage dagegen zu niedrige Temperaturen. Ist die abweichende Anordnung der Luftdruckverteilung besonders stark ausgebildet, so macht sich dies in den Temperaturen auf der ganzen Strecke bemerkbar, sonst treten auf beiden Seiten des Ozeans entgegengesetzte Temperaturen auf.

PETERSEN ist zu dem wichtigen Ergebnis gelangt, daß die Schwankungen im Golfstrom unmittelbar das isländische Luftdruck-Minimum beeinflusst, nicht so sehr — wie MEINARDUS angenommen hatte — dadurch, daß es dasselbe vermehrt oder vermindert »vermittels des Systems der sich selbst induzierenden Kräfte« — sondern indem es dessen Lage verändert. Eine gesteigerte Golfstromtrift führt größere Wärmemengen in das Norwegische Meer hinein, erwärmt die Luft, erzeugt ein Luftdruck-Minimum und zieht dadurch das isländische Minimum nach Osten hinüber. Dadurch entstehen mehr westliche und nordwestliche Winde im Atlantischen Ozean, die eine hemmende Wirkung auf den Golfstrom haben. Wenn aber dann der Golfstrom infolgedessen schwächer fließt, hat dies die entgegengesetzte Wirkung zur Folge, und das isländische Minimum bekommt die Neigung, nach Grönland hinüberzuziehen. Zu der letzteren Erscheinung trägt auch bei, daß, wenn der Golfstrom schwächer fließt, dann auch der kalte Ostgrönländische Strom, der sein Kompensationsstrom ist, langsamer fließen und weniger Ausbreitung bekommen sollte, als gewöhnlich. Dadurch kann das isländische Luftdruck-Minimum leichter nach Westen verrückt werden in eine verhältnismäßig wärmere Gegend, worauf der Kreisprozeß von neuem beginnt. Auf diese Weise sollte also »der Golfstrom mittels der ihm innewohnenden Kräfte seine Wärmeleitung selbst regulieren« und einen Strom bilden, »der wechselt zwischen einer Zeit starken Fließens und einer Zeit schwachen Fließens«.

PETERSEN meint, daß seine Tabelle über die Temperatur-Anomalien bei seinen 12 Stationen in den 12 Monaten des Jahres die Unmöglichkeit der Annahme beweisen, daß Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur dadurch entstehen können, »daß eine der atlantischen Wasserzirkulation schon in tropischen Gewässern anhaftende Temperaturabweichung sich im ganzen Verlaufe derselbe erhalte, und mit der Geschwindigkeit der Wasserbewegung fortpflanze«; denn man sieht keine solche Bewegung der negativen oder positiven Anomalien von der einen Station nach der andern. Allerdings kann er möglicherweise recht darin haben, daß die meisten Schwankungen nicht auf diese Weise entstehen, aber er hat keineswegs bewiesen, daß sie nicht doch entstehen können. Er begeht in seiner Schlußfolgerung den wesentlichen Fehler: ohne Beweis anzunehmen, daß die

Wassermassen sich von Westen nach Osten bewegen, in derselben Richtung wie seine Dampferlinien. Geht dagegen der Strom quer über diese hinweg, oder schneidet sie wenigstens, so wird seine Folgerung auf diesem Punkte hinfällig, und seine Temperatur-Anomalien auf den verschiedenen 12 Stationen beweisen insofern wenig, weder in der einen noch in der andern Richtung.

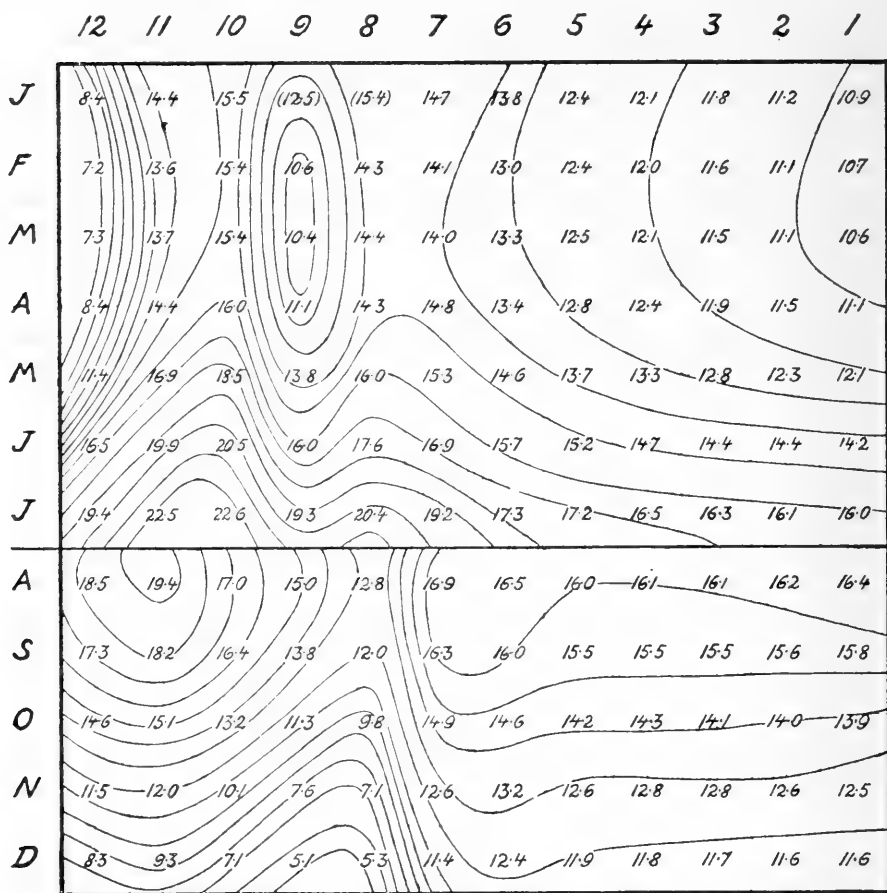


Fig. 14. Isopleth-Diagramm von Durchschnittstemperaturen für jeden Monat des Jahres (J—D) an J. PETERSENS zwölf Stationen (1—12 längs der Abscisse).

PETERSEN fand weiter, daß die Abweichungen in den Oberflächen-Temperaturen des Nordatlantischen Ozeans eine ausgeprägte Neigung besitzen sollten, um eine Achse mitten im Meere bei ungefähr 40° W-Lg. herumzuschwingen in der Weise, daß die Temperatur-Abweichungen östlich und westlich von dieser Achse das entgegengesetzte Vorzeichen haben sollten. PETERSENS Beobachtungsstoff ist indessen nicht befriedigend und ausgiebig genug für eine solche Annahme, besonders was die westlichen Felder betrifft.

Für uns haben PETERSENS Untersuchungen Interesse auch dadurch, daß sie alle Monate des Jahres umfassen, und wir können deshalb den Gang der Durchschnittstemperaturen von Monat zu Monat studieren. In Fig. 14 haben wir ein Isopleth-Diagramm gezeichnet von Durchschnittstemperaturen für jeden Monat an jeder seiner Stationen. Zu bemerken hierbei ist, daß in den Monaten Januar bis Juli die Beobachtungen längs der südlichen Fahrtstraße der Routenschiffe, also der Winterstraße, zwischen dem Englischen Kanal und New-York angestellt worden sind, und das ist derselbe Strich, den wir für unsere Beobachtungen gewählt haben; während der Zeit vom August bis Dezember folgen sie der nördlichen Route, also der Sommerroute, die bedeutend nördlicher liegt, besonders in dem mittleren Teil des Meeres, wo der Unterschied z. B. bei 40° W-Lg. 4 Breitengrade beträgt, und bei 46° W-Lg. 5 Breitengrade (s. S. 41 Anm. 1. Das erklärt den Bruch in den Werten, der zwischen Juli und August besteht, ebenso wie zwischen Dezember und Januar.

Wir sehen, daß für die Monate Januar bis Juli das Minimum bei Station 9, auf 51° W-Lg. und 41° N-Br. fällt, während es von August an bis Dezember auf Station 8 östlich davon fällt, und zwar auf 46° W-Lg. und 46° N-Br. Die Erklärung ist selbstverständlich die, daß Station 9 auf der südlichen Route unmittelbar auf der Westseite des früher erwähnten »kalten Keils« aus dem Labradorstrom liegt. Da dieses Gebiet mit kaltem Labrador-Wasser dem östlichen Abhang der Neufundlandbank von Nordosten nach Südwesten folgt, so muß, wenn wir weiter hinauf nach Norden kommen, nach der nördlichen Fahrtstraße, das Gebiet mit der Minimums-Temperatur weiter östlich liegen, näher der Station 8.

Im übrigen gibt dieses Isopleth-Diagramm eine gute Vorstellung von den großen Zügen in der Verteilung und Veränderung der Temperatur das ganze Jahr hindurch in diesem ganzen Gebiet.

Dr. H. LIEPE hat in seiner Arbeit: »Temperaturschwankungen der Meeresoberfläche von Ouessant bis St. Paul-Fels« [1911] die Schwankungen während der zwanzig Jahre von 1884 bis 1903 an acht Stationen untersucht, und zwar Stationen zu Eingrad-Feldern, die er längs der am meisten befahrenen Schifffahrtsrouten gewählt hat, längs der Ostseite des Atlantischen Ozeans vom Englischen Kanal und südwärts nach St. Paul nahe beim Äquator (s. Taf. XV, I—VIII). In derselben Weise wie PETERSEN hat LIEPE monatweise alle Beobachtungen von Oberflächen-Temperaturen innerhalb jedes Eingrad-Feldes aus den Schiffstagebüchern der Deutschen Seewarte gesammelt. Die Anzahl der Beobachtungen innerhalb jedes einzelnen Feldes schwankt sehr. Durchschnittlich fielen 17 Beobachtungen im Monat auf jedes der acht Eingrad-Felder, und die höchste Anzahl Beobachtungen für ein Feld während

eines Monats betrug 46. Im allgemeinen wurden 5 Beobachtungen im Monat als Mindestgrenze festgesetzt.

Die von LIEPE gefundenen Temperaturwerte für seine acht Stationen machen überhaupt den Eindruck, die wirklichen Verhältnisse richtiger darzustellen, als die Werte für PETERSENS einzelne Stationen, da die Kurven für die Stationen gegenseitig besser übereinstimmen (Fig. 15). Verglichen

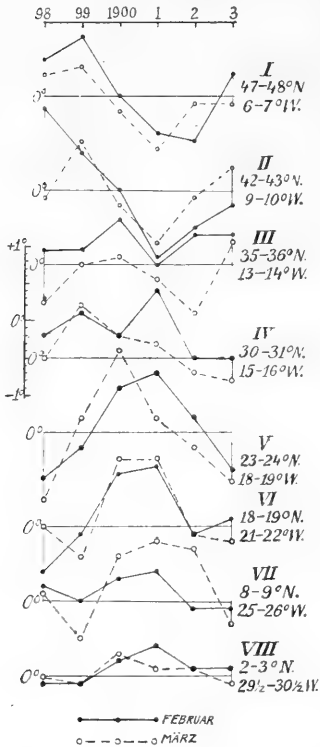


Fig. 15. Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur an LIEPES Stationen I bis VIII, für Februar und März 1898-1903.

mit unseren Kurven für die Jahre, die beiden Beobachtungsreihen gemeinsam sind, nämlich 1898 bis 1903, weisen sie auch große Übereinstimmung mit den Kurven für unsere östlichen und südöstlichen Felder auf, was später eingehender besprochen werden wird. Das war auch zu erwarten, da die hydrographischen Verhältnisse in dem von LIEPE untersuchten Gebiet viel gleichartiger sind, als in dem größten Teil des von PETERSEN untersuchten Gebietes, und es ist in dieser Hinsicht unserem Gebiete im Osten und Südosten gleich.

Das Hauptergebnis, zu dem LIEPE in Bezug auf die Ursachen der Schwankungen gelangt, stimmt mit PETERSENS Ansicht überein, daß sie auf die Winde zurückzuführen sind.

Für seine drei nördlichsten Stationen zwischen 35° und 48° N-Br. sind es die Schwankungen in der *Richtung des Windes*, die wesentlich die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Meeres bedingen, teilweise schon in demselben Monat, teilweise in dem folgenden Monat. »Die Windstärke wirkt hierbei als verstärkender, weniger als kausaler Faktor.

Dagegen tritt letzterer für die innerhalb des Passates gelegenen Stationen — wesentlich Station 4 bis 6 zwischen 18° und 31° N-Br. — in erster Linie als Ursache auf, da die Richtung der Passate im allgemeinen als ziemlich konstant angesehen werden darf. Dabei äußert sich die Wirkung der wechselnden Stärke des NO-Passates im nächsten oder übernächsten Monat, die des SO-Passates erst im folgenden Jahr auf der Oberflächen-Temperatur der betreffenden Stationen.«

Während LIEPE demnach meint, daß die Winde in der Regel eine ziemlich rasche und teilweise ziemlich örtliche Wirkung haben, die gleichzeitig in den verschiedenen Teilen des Meeres verschieden sein kann,

scheint er auch anzunehmen, daß z. B. ein Sinken der Oberflächen-Temperatur wenigstens zum Teil der Überführung kalter Wassermassen aus fernen Gebieten des Meeres zugeschrieben werden müsse. Er erwähnt z. B. [1911, S. 480], daß »das Auftreten ungewöhnlich reicher Mengen von Treibeis und Eisbergen im Labradorstrom in Verbindung mit den Winden nordwestlicher Richtung die Ausbildung einer so stark gekennzeichneten negativen Anomalie der Temperatur jener Stationen (an der französischen und spanischen Küste) begünstigt haben mag.« Ja, er scheint auch zu glauben, daß ein vermehrtes Schmelzen des Eises in den arktischen Gegenden (bei einer reichlichen Zufuhr von warmem Wasser aus dem Süden) sich durch ein Sinken der Oberflächen-Temperatur bei seinen Stationen geltend machen würde. Wir müssen wohl annehmen, daß dies durch die Überführung des abgekühlten Schmelzwassers quer über den Atlantischen Ozean (bei der Vermischung mit »Golfstrom«-Wasser) geschehen sollte, obwohl er sich hierüber nicht klar ausdrückt.

Im übrigen ist es interessant, die gute Übereinstimmung zwischen den Jahreskurven für die Oberflächen-Temperaturen an LIEPES Station 1 und PETERSENS Station 1 zu sehen, die von Dr. PETERSEN zusammengestellt worden sind [1912, S. 112]. Diese beiden Kurven zeigen auch eine auffällige Übereinstimmung mit unserer Februar- (und März-April) Kurve für das östlichste 10-Längengrad-Feld (auch für die nordöstlichen Felder des Portugal-Azoren Gebiets) was darauf hindeutet, daß die Abweichungen von Jahr zu Jahr für die kälteste Jahreszeit den Schwankungen der ganzen Jahre entsprechen, worauf wir später ausführlicher zurückkommen werden.

Dr. ENGELERS Arbeit: »Periodische und unperiodische Temperatur-Schwankungen der Benguela-Strömung« [1910] kann hier ebenfalls Erwähnung finden, da sie sich mit Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur in dem östlichen Teil des südlichen Atlantischen Ozeans befaßt, ähnlicher Art wie die, welche wir im nördlichen Atlantischen Ozean behandeln. Seine Untersuchungen erstrecken sich über die Jahre 1891 bis 1898 und gründen sich auf Beobachtungen längs der deutschen Segelschiffsrouten um die Südspitze von Afrika herum, sowie längs der englischen Dampferroute zwischen Kapstad und Europa. Er findet große Schwankungen von Jahr zu Jahr mit ausgeprägten Maxima- und Minima-perioden in den Oberflächen-Temperaturen, und diese treten zum großen Teil ungefähr gleichzeitig in dem ganzen untersuchten Gebiete auf. Er meint, daß diese Schwankungen unmöglich auf unperiodische Vorstöße kalter Wassermassen aus dem Antarktischen Eismeer zurückgeführt werden können, da sich die Wirkung davon gradweise nordwärts zwischen dem südlichen und nördlichen Teil

des untersuchten Strömungsgebietes ausbreiten müßte und nicht ungefähr gleichzeitig in beiden Strichen auftreten könnte.

Dagegen denkt er sich, daß die starke Eistrift mit Mengen von Eisbergen in dem südlichen Atlantischen Ozean in einzelnen Perioden, wie in den Jahren 1893 und 1894, einen gewissen Einfluß auf die Schwankungen haben und dazu beitragen kann, sie während der Maxima-Perioden zu hemmen und während der Minima-Perioden zu steigern. Merkwürdigerweise erwähnt er mit keinem Worte, daß die Wirkung, die ja auch auf die Ausbreitung von kaltem Wasser nordwärts zurückzuführen sein soll, sich im südlichen Teil der Strömung mehr geltend machen sollte, als im nördlichen, genau in derselben Weise, wie wenn sie auf Vorstößen kalter Wassermassen aus dem Antarktischen Eismeer beruhte — wenn er sich nicht etwa eine Vermittlung durch die Lufttemperatur denkt (?).

Als die Hauptursache zu den Schwankungen in den Oberflächen-Temperaturen des Benguelastroms sieht er »die unperiodischen Schwankungen der Stärke des Südostpassates, mit denen sie eine ununterbrochene Kette von Ursache und Wirkung bilden«, an. Durch Steigerung oder Verminderung der Stärke des Passates wird die Führung der Strömung von kalten Wassermassen vermehrt oder vermindert werden, und die Oberflächen-Temperatur in Übereinstimmung damit sinken oder steigen.

Er denkt sich auch, daß »eine andere Wirkungsweise unperiodisch in ihrer Stärke wechselnder Winde darin bestehen könnte, daß infolge des größeren Bewegungsantriebes des Wassers ein Aufsteigen kalten Tiefenwassers in der Strömung vor sich gehen müßte, da bei der größeren Geschwindigkeit die Zufuhr der Wassermassen von Süden her nicht so schnell erfolgen kann.« — — »Auch dieses Moment tritt naturgemäß an allen Punkten der Strömung zu gleicher Zeit auf. Welchem dieser beiden Vorgänge der Hauptanteil zugeschrieben werden muß, kann mit Bestimmtheit nicht entschieden werden.« Die letztere Folgerung dürfte kaum richtig sein; die Wirkung kann sich nicht überall gleich stark äußern, muß sich aber hinter dem stärkeren Winde besonders geltend machen.

Der einzige vorliegende Stoff an Beobachtungen über die Schwankungen in der Windstärke des Südostpassates (nur auf St. Helena) für die Jahresreihe 1892—1898 war indessen sehr unzureichend für einen derartigen Vergleich zwischen den Windverhältnissen und den Temperaturschwankungen, um ihn auch nur einigermaßen erschöpfend zu machen. Er konnte nur gewisse qualitative Eindrücke geben, ohne daß der Versuch zu einer quantitativen Zusammenstellung gemacht wurde.

W. KÖPPEN hat die Frage untersucht: »Wodurch ist die hohe Wärme Europas und des nordatlantischen Ozeans bedingt? [1911]. — Er gelangt

zu dem Ergebnis, daß sie zu einem Teil wenigstens auf den Schwankungen der Jahreszeiten in der Bewölkung beruht, die in Europa am größten im Winter und am geringsten im Sommer ist, was beides eine Steigerung der Wärme bewirkt. Ferner beruht sie teilweise auch auf den vorherrschenden Winden, die südwestlich sind. Aber zum weit überwiegenden Teil wird die hohe Temperatur in Europa durch die warmen Meeresströme hervorgerufen, die die West- und Nordwestküste von Europa bestreichen. KÖPPEN läßt sich nicht auf die periodischen und unperiodischen Schwankungen ein, sondern begnügt sich damit, als längst erkannt festzustellen, daß die bloße Nähe warmen Wassers für seine Wirkung auf ein Klima nicht entscheidend ist, sondern daß die Richtung der vorwaltenden Winde dafür maßgebend ist: »Die Wirkung kann sich nur dort geltend machen, wohin sie durch Wind getragen wird«. Er meint im übrigen, daß sich noch nicht ziffernmäßig bestimmen läßt, welche Bedeutung für die Erwärmung Europas den verschiedenen Faktoren: den Wassermassen des Golfstroms, den vorwaltenden Winden und der Bewölkung beizumessen ist, selbst dann nicht, wenn man sich nur mit ganz grober Annäherung begnügen will.

Commander CAMPBELL HEPWORTH [1910] vergleicht die Schwankung in der Oberflächen-Temperatur im Nordatlantischen Ozean mit den Schwankungen in der Stärke der Passatwinde und meint, einen deutlichen Zusammenhang zwischen ihnen zu finden, und zwar in der Weise, daß Schwankungen in der Stärke des NO- und den SO-Passats sich während einer Reihe von Monaten, oder mitunter nur in einem einzelnen Monat, in groben Zügen in der Ausbreitung der Oberflächen-Temperatur des Nordatlantischen Ozeans in der entsprechenden Reihe von Monaten, oder dem einzelnen Monat, in dem folgenden Jahr widerspiegeln. Der Zusammenhang ist nach seiner Auffassung nicht immer deutlich, da viele andere Ursachen, die auf die Temperatur der Meeresoberfläche Einfluß haben, die Neigung besitzen, ihn zu verbergen. Besonders ist die Tätigkeit des Labradorstroms und des Golfstroms in dieser Hinsicht von Bedeutung, wie auch die Stärke und Andauer der westlichen Winde. Ferner meint er, nimmt es verschiedene Zeit in Anspruch, bis die Wirkung der Schwankungen in der Stärke der Passatwinde durch Vermittlung des Äquatorialstroms bis zum Nordatlantischen Ozean hinkommt.

In einer späteren Arbeit [1912 und 1914] hat CAMPBELL HEPWORTH das Verhältnis zwischen den Schwankungen des Labradorstroms, den Schwankungen in den Oberflächen-Temperaturen des Nordatlantischen Ozeans und den Schwankungen in Temperatur- und Luftdruck über den Britischen Inseln untersucht. Er meint, einen gewissen Zusammenhang zwischen diesen drei Arten von Schwankungen feststellen zu können, ob-

schon man sagen muß, daß dieser Zusammenhang ziemlich fern liegt und oft von anderen und stärkeren Einflüssen überdeckt wird, die sich geltend zu machen scheinen. Die Übereinstimmung zwischen seinen Kurven für diese Schwankungen ist deshalb auch nicht sehr schlagend, und sie wirken im großen ganzen nicht besonders überzeugend.

P. H. GALLÉ hat in swei Abhandlungen [1915 und 1916] das Verhältnis zwischen den Schwankungen in der Stärke des Nordatlantischen Passats und den Schwankungen im Wasserstand und in der Temperatur in den nordeuropäischen Meeren, wie auch den Schwankungen in der Wintertemperatur Europas verglichen. Er kommt dabei zu dem Ergebnis, daß zwischen ihnen ein Zusammenhang bestehen sollte. Aber die Übereinstimmung zwischen den von ihm nachgewiesenen Schwankungen in der Stärke des Passats und den Schwankungen im Wasserstand der Nordsee ist nicht sehr groß. Auch die Übereinstimmung zwischen den Schwankungen im Passat und den Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur der nordeuropäischen Meere ist nicht sonderlich hervortretend. Besser scheint die von ihm nachgewiesene Übereinstimmung zwischen den Schwankungen im Passat und den Schwankungen in der Wintertemperatur über gewissen Teilen von Europa zu sein. Wie von mehreren Autoren nachgewiesen, ist diese letztere zum großen Teil von der Luftdruckverteilung über dem Atlantischen Ozean und Europa beeinflusst, und daß die Schwankungen dieser Druckverteilung in einem gewissen Zusammenhang mit den Schwankungen im Passat stehen, ist ja auch nicht unwahrscheinlich, ohne daß es deshalb entschieden wäre, daß der Passat die ursprüngliche Ursache ist.

GALLÉ betont, was schon CAMPBELL HEPWORTH behauptet hat, daß eine schwache Verbindung zwischen der Stärke des Passats und der Temperatur auf den Britischen Inseln besteht, wenn sie auch gering ist; aber während CAMPBELL HEPWORTH zu einer Phasen-Verschiebung von etwa 14 Monaten gelangt, fand GALLÉ, daß sie nur 2 Monate betragen dürfte.

V. Die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur.

Wie bereits erwähnt, zeigen unsere Kurven für die Temperatur-Anomalien der Oberfläche in den einzelnen Zwei-Längengrad-Feldern (Fig. 16—19) in dem ganzen östlichen Teil des untersuchten Gebietes eine augenfällige Übereinstimmung über weite Strecken hin. Die verschiedenen charakteristischen Züge, welche die Schwankungen bezeichnen, kehren von Feld zu Feld wieder, wobei sie gradweise Veränderungen durchmachen,

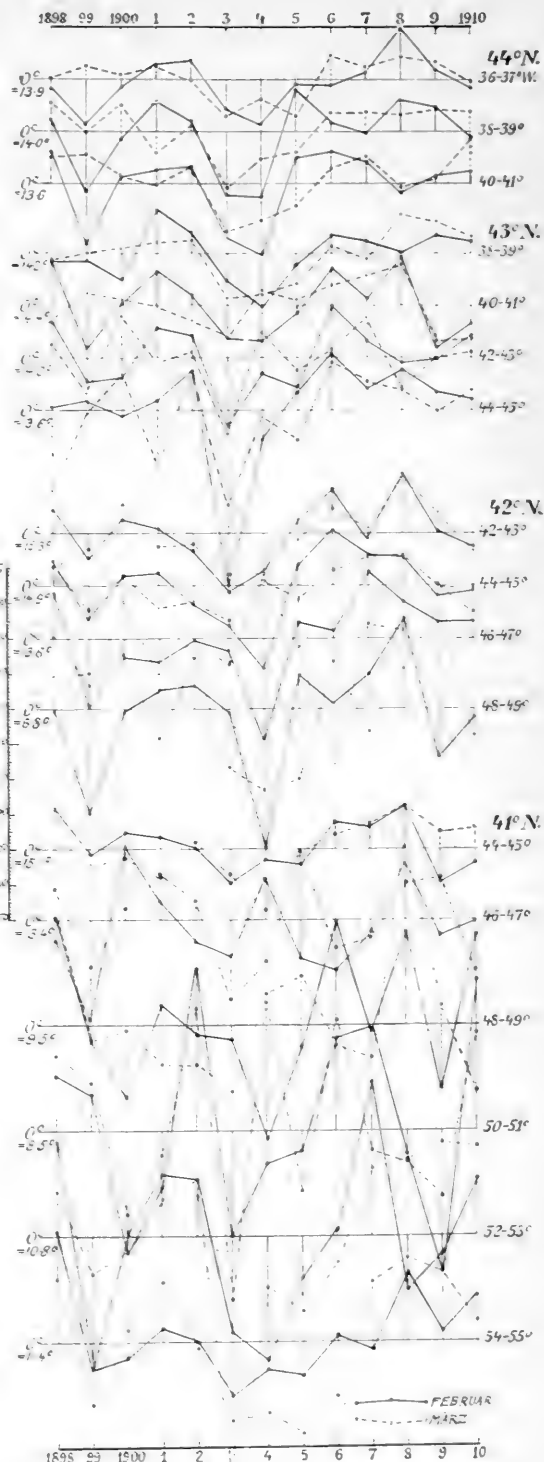
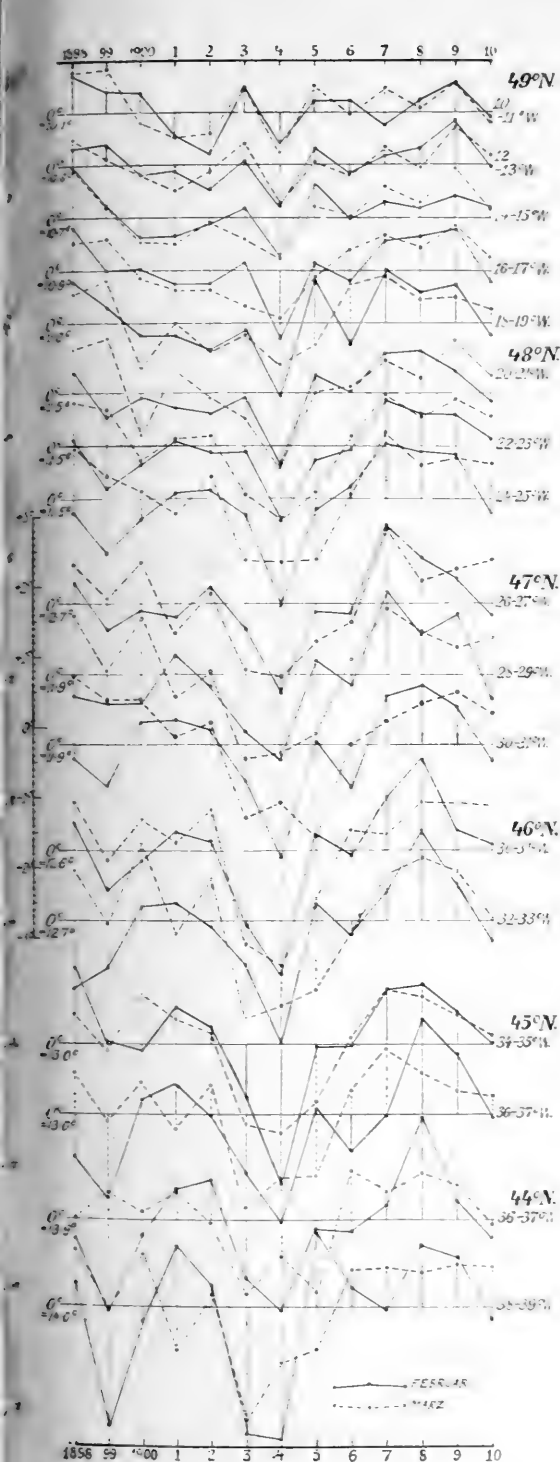


Fig. 16 u. 17. Kurven für die Temperatur-Anomalien der Oberfläche in den einzelnen Zwei-Längengrad-Feldern (zwischen 50° und 56° W-Lg., 50° und 41° N-Br.) für Februar (voll ausgezogene Linien) und März April (gestrichelte Linien) der Jahre 1898–1919. Der Maßstab ist in Fig. 16 (links) doppelt so groß wie in Fig. 17 (rechts).

je weiter man vorwärts schreitet, z. B. von Osten nach Westen. Von derartigen gemeinsamen Zügen kann besonders erwähnt werden die Depression im Jahre 1904, die auf allen östlichen Kurven für die erste Dekadengruppe

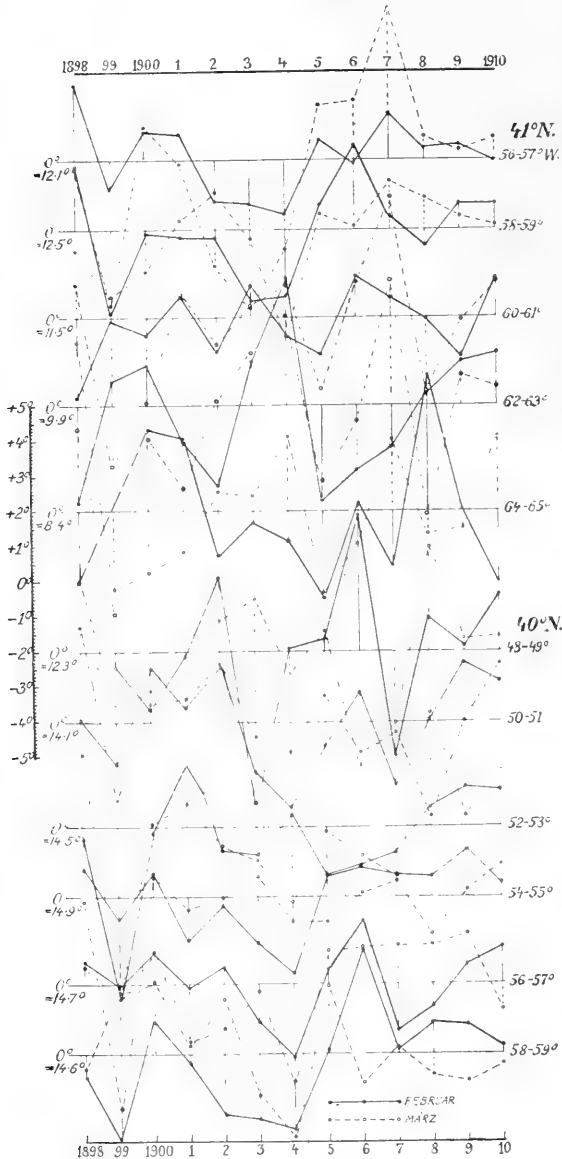


Fig. 18. Fortsetzung von Fig. 17. Kurven für Felder zwischen 48° und 66° W-Lg., 42° und 40° N-Br.

westlich von 44° und 46° W-Lg. auf 41° N-Br. zeigen anscheinend gegenseitig nur geringe Übereinstimmung, und unsere Figuren 17—19 sind geeignet, den Eindruck eines chaotischen Wirrwarrs von Linien zu machen, die unter sich keinerlei Ähnlichkeit aufweisen. Daß diese Unregelmäßig-

(3. Februar—4. März) auftritt, und zwar von 10° W-Lg. an bis an 40° W-Lg. vorbei und zum Teil bis nach 50° W-Lg. hin. Die gleiche Depression findet man auf den Kurven für die zweite Dekadengruppe (15. März bis 13. April) in dem östlichen Teil des erforschten Gebietes, während weiter nach Westen hin die größte Depression in das Jahr 1903 fällt.

Gemeinsam für einen größeren Teil der Kurven, sowohl für die erste wie die zweite Dekadengruppe, ist auch eine im Jahre 1899 auftretende Depression. Dieselben Kurven zeigen ebenfalls in großem Umfang eine Neigung zu einem Maximum im Jahre 1901. Ferner steigen die Temperaturen durchgängig stark vom Jahre 1904 ab mit geringeren Unterbrechungen bis 1906, 1907 oder 1808.

Die Kurven für die einzelnen Zwei-Gradfelder

keiten gerade bei ungefähr 46° W. beginnen, beruht darauf, daß hier ein plötzlicher großer Sprung in den Mitteltemperaturen der Felder von ungefähr 13° oder 14° C. auf Temperaturen zwischen 6.8° und 8.5° C. vorliegt. Die Unregelmäßigkeiten in den Kurven westlich von dieser Grenze haben selbstverständlich ihren Grund darin, daß in diesem Teil des Meeres die Isothermen für die Oberflächen-Temperaturen so dicht aneinander liegen, daß ein verhältnismäßig geringer örtlicher Unterschied, selbst innerhalb desselben Zweigrad-Feldes, genügt, um einen verhältnismäßig großen Temperaturwechsel zu bedingen, so daß die Verteilung der Beobachtungen innerhalb des Feldes für den Mittelwert von großer Bedeutung werden kann. Hierzu kommt noch, daß Ungenauigkeiten in der Ortsbestimmung der Beobachtungen auch von fühlbarem Einfluß in diesem Gebiet werden kann. Ferner wird eine kleine örtliche Verschiebung des Oberflächenwassers leicht bedeutende Veränderungen in der Oberflächen-Temperatur an Ort und Stelle hervorbringen können.

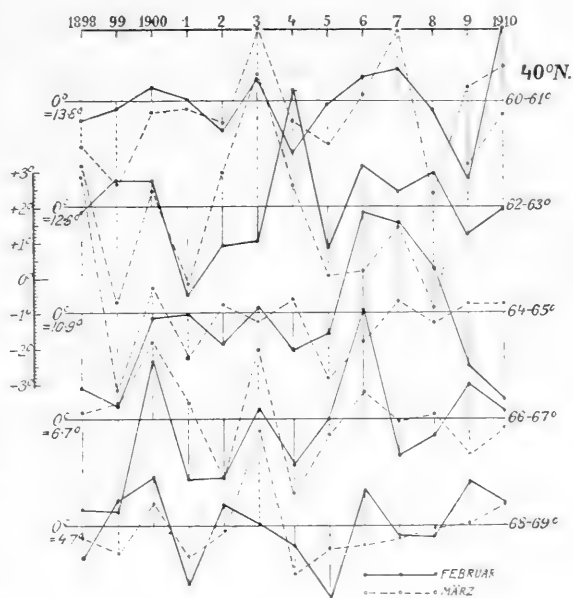


Fig. 19. Fortsetzung von Fig. 18, Kurven für Felder zwischen 60° und 70° W-Lg., 40° und 41° N.Br.

Es ist deshalb verständlich, daß viel Zufälligkeiten mit hereinspielen und sich in den berechneten Durchschnittswerten für die einzelnen Felder geltend machen können, selbst wenn die Anzahl der Beobachtungen ganz groß ist. Eine auch nur einigermaßen gute Übereinstimmung zwischen den einzelnen Kurven für die Felder ist nicht zu erwarten. Diese Kurven können daher, jede einzeln betrachtet, keinen Anspruch erheben, daß sie die wirklichen Verhältnisse in diesem Meeresteil darstellen.

Indessen ist es klar, daß »repräsentative« Werte sich dadurch erzielen lassen, daß man das Mittel der für die Zweigrad-Felder gefundenen Temperaturen innerhalb eines größeren Gebietes nimmt. Wir haben deshalb, wie bereits erwähnt, unser ganzen nördliches Untersuchungsgebiet zwischen 10° und 70° W-Lg. in sechs Felder geteilt, jedes von 10 Längengraden. Innerhalb jedes dieser 10-Längengrad-Felder haben wir das Mittel

der Anomalien der Durchschnittstemperaturen für sämtliche von uns angewählten Zweigrad-Felder berechnet. Die auf diese Weise für die Temperatur-Anomalien für beide Dekadengruppen gefundenen Werte sind in der Tabelle 2W wiedergegeben und graphisch durch Kurven auf Fig. 20

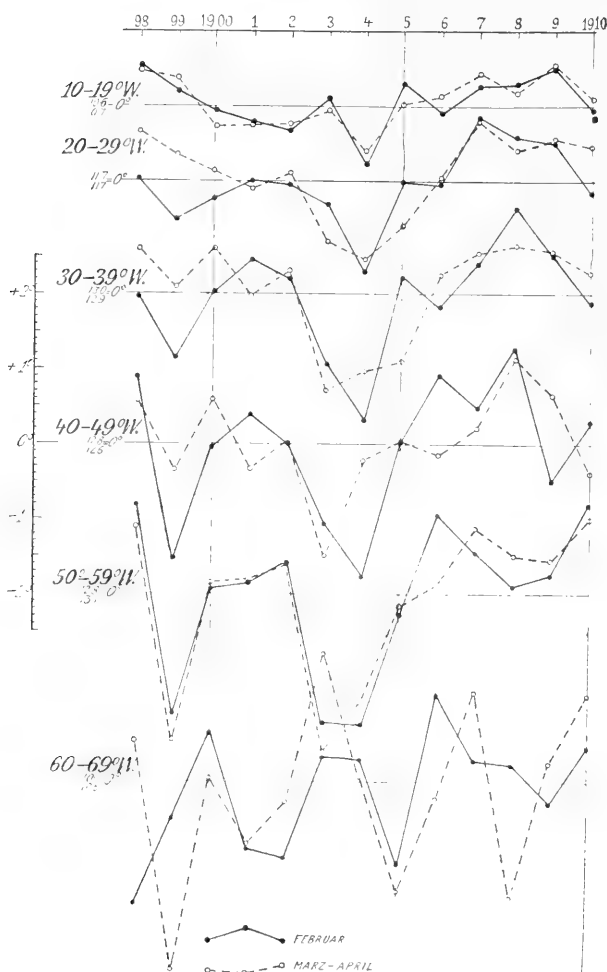


Fig. 20. Kurven für die Temperatur-Anomalien der Oberfläche in den 10-Längengrad-Feldern längs der Fahrtstrasse Kanal—New-York, für Februar (voll gezogene Linien) und März-April (gestrichelte Linien), 1898—1910.

Die Kurven für das westlichste Feld, zwischen 60° und 70° W-Lg., können anscheinend den am wenigsten zuverlässigen Eindruck machen, da sie sehr stark von den andern Kurven abweichen, und auch gegenseitig weniger gut übereinstimmen. In diesem Meeresteil mußten wir auch erwarten, daß sich Zufälligkeiten am stärksten in den Beobachtungen geltend

dargestellt. Diese Kurven weisen eine große gegenseitige Übereinstimmung auf; es ist somit zweifelsfrei anzunehmen, daß sie auch den wirklichen Verhältnissen entsprechen.

Dies gilt auch für das Feld zwischen 50° und 60° W-Lg., wo die Kurven für die einzelnen Zweigrad-Felder ziemlich unregelmäßig zu sein scheinen. U. a. gibt für dieses 10-Längengrad-Feld die nahe Übereinstimmung zwischen den Kurven für die erste und die zweite Dekadengruppe die Sicherheit, daß die dargestellten Schwankungen in keinem nennenswerten Grade auf Zufälligkeiten in den Beobachtungen beruhen können, sondern qualitativ und quantitativ völlig zuverlässig sind.

machen würden, sowohl weil die Isothermen hier am dichtesten zusammenliegen, wie auch, weil das Meer hier in großer Ausdehnung von Küstenwasser bedeckt ist. Indessen weisen auch diese Kurven bestimmte große Züge auf, die den Eindruck Übereinstimmung mit den wirklichen Verhältnissen machen; bei genauerem Studium findet man auch, daß jedenfalls zum Teil hier keine Zufälligkeiten mitsprechen. Wir werden später auf dieses Verhältnis zurückkommen.

Auf Fig. 21 und 22 haben wir die ausgeglichenen Kurven (nach der Formel $b' = \frac{1}{4}(a + 2b + c)$ ausgeglichen) der Temperatur-Anomalien für Februar und für März-April für die erwähnten sechs 10-Längengrad-Felder gezeichnet. Sie stellen die großen Züge der Temperaturschwankungen in unserer Periode sehr deutlich und regelmäßig dar.

Auf Fig. 23—26 sind in Gestalt von Isoplethen die Ergebnisse unsrer Untersuchungen die Schifffahrtsroute Kanal—New-York betreffend dargestellt, und zwar sowohl für die erste Dekadengruppe im Februar, wie auch für die zweite Dekadengruppe im März-April. Wir haben für jedes Jahr und für jede Dekadengruppe das Mittel der Temperaturen für alle Felder von vier und vier Längengraden innerhalb 10^0 und 70^0 W-Lg. zusammengestellt. Die Felder sind oben längs der Abscisse der Figur angegeben, die Jahre längs der Ordinaten. Auf Figur 23 und 25 sind die auf diese Weise gefundenen Durchschnittstemperaturen für die 4-Längengrad-Felder für jedes Jahr und für jede Dekadengruppe angegeben. Auf Fig. 24 und 26 sind die entsprechenden durchschnittlichen Temperatur-Anomalien verzeichnet. Die Anomalien sind in $\frac{1}{10}$ Graden angeführt; die fetten, aufrechtstehenden Zahlen geben po-

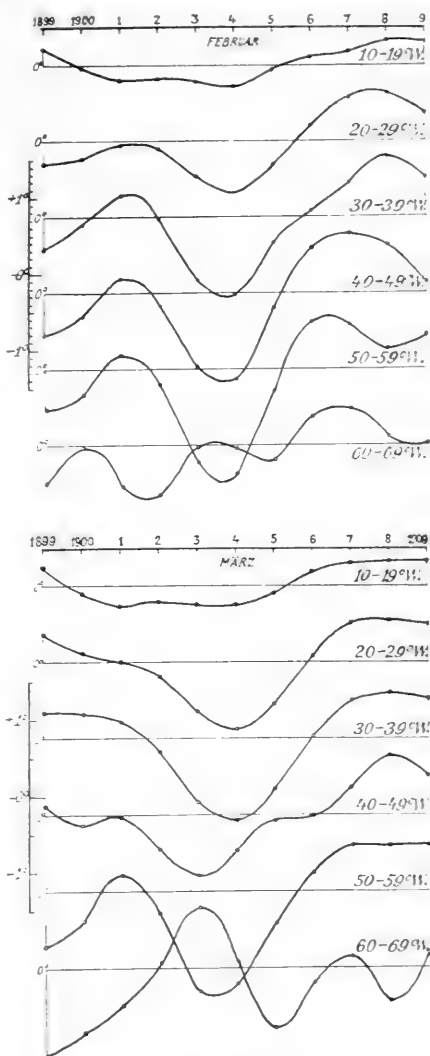


Fig. 21 u. 22. Ausgeglichenen Kurven (nach der Formel $b' = \frac{1}{4}(a + 2b + c)$ ausgeglichen) für die Temperatur-Anomalien für Februar (Fig. 21) und für März-April (Fig. 22) für dieselben Felder wie auf Fig. 20.

Februar.

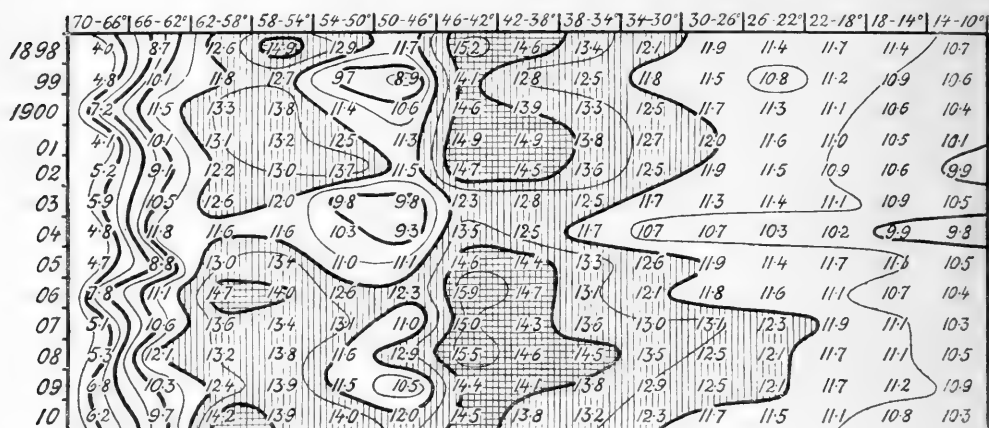


Fig. 23. Die Temperaturen der 4-Längengrad-Felder längs der Fahrstrasse Kanal—New-York in der ersten Dekadengruppe, 3. Februar—4. März, 1898—1910.

Februar.

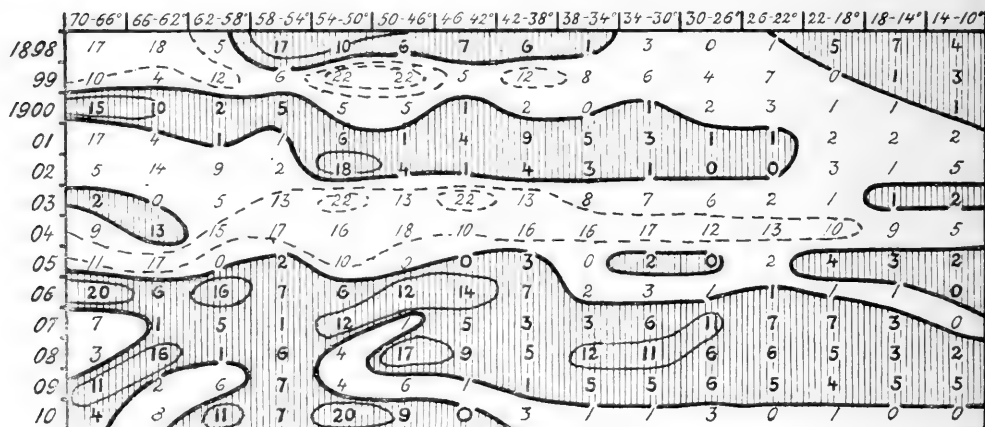


Fig. 24. Die Temperatur-Anomalien derselben 4-Längengrad-Felder und in derselben Zeit wie in Fig. 23.

März—April.

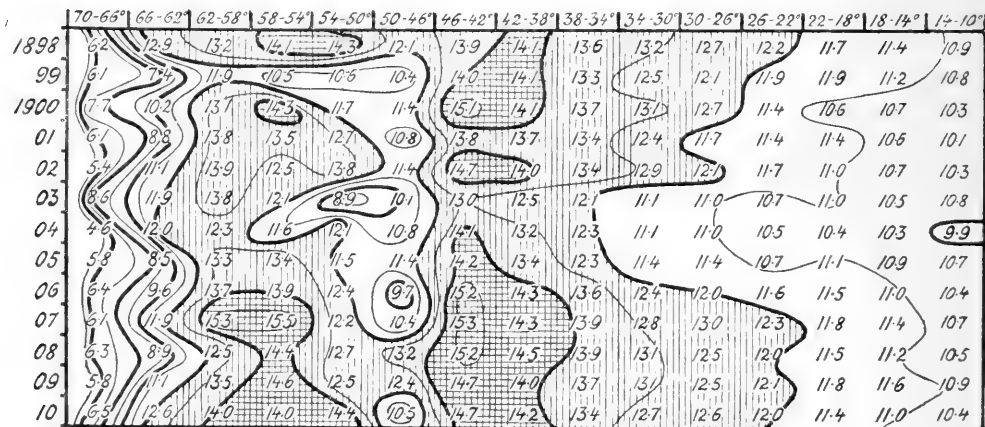


Fig. 25. Die Temperaturen derselben 4-Längengrad-Felder wie in Fig. 23, in der zweiten Dekadengruppe, 15. März—13. April, 1898—1910.

März-April.

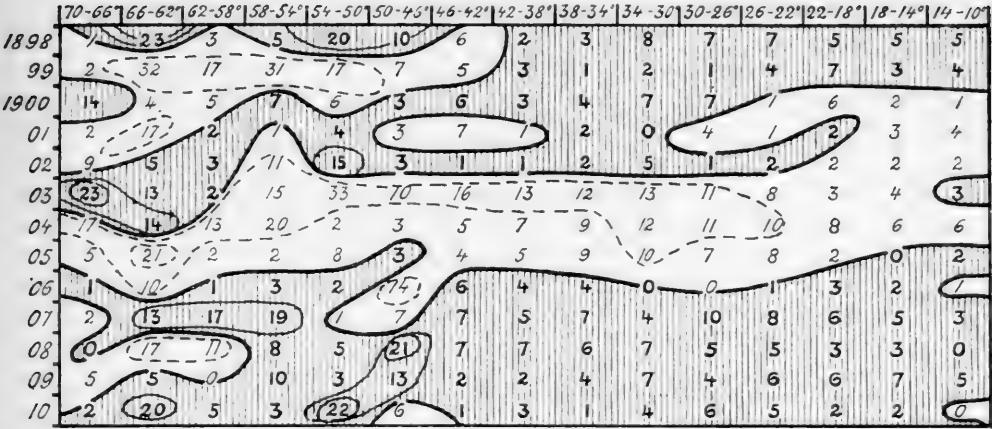


Fig. 26. Die Temperatur-Anomalien derselben 4-Längengrad-Felder und in derselben Zeit wie in Fig. 25.

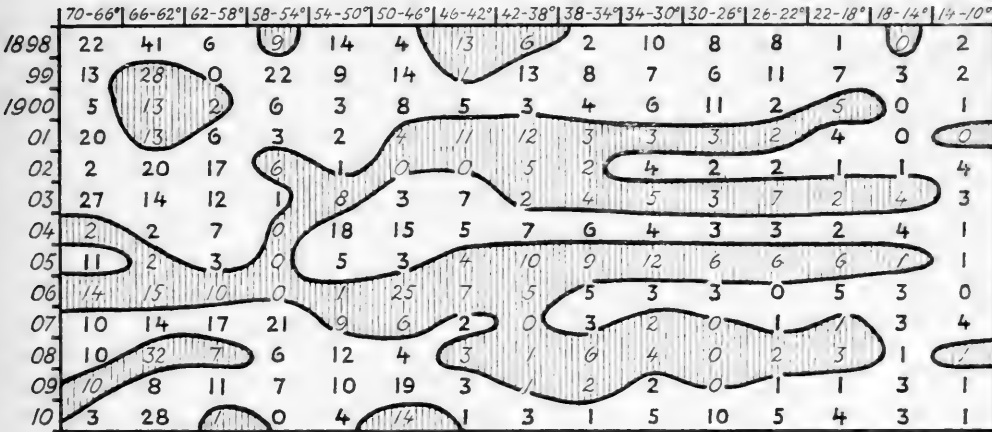


Fig. 27. Unterschiede der Oberflächen-Temperaturen in $\frac{1}{10}^{\circ}$ C. zwischen Februar und März-April für 4-Längengrad-Felder längs der Fahrtstrasse Kanal-New-York. 14 bezeichnet Erwärmung von Februar bis März-April. 14 bezeichnet Abkühlung.

sitive Anomalien, die schräg liegenden dünnen Zahlen negative. Isanomalien sind für jeden ganzen Grad gezogen, die ganzen Linien für positive Isanomalien, die gestrichelten Linien für negative. Die Felder mit positiven Anomalien sind durch Schraffur hervorgehoben.

Diese Isoplethen geben eine sehr klare Darstellung der Verbreitung der Temperaturschwankungen sowohl dem Orte wie der Zeit nach. Auch hier finden wir eine ausgeprägte innere Übereinstimmung. Wir finden das große Minimum im Jahre 1903 und 1904 sowohl in der ersten wie der zweiten Dekadengruppe stark hervorgehoben; ferner auch das kleinere Minimum in Jahre 1899, und zwar besonders in der ersten Dekadengruppe. Ferner treten auch die erste wie die zweite Maximums-Periode ganz deut-

lich hervor. Der Unterschied zwischen den westlichen und den östlichen Feldern und dem mittleren Meeresstrich kommt ebenfalls gut zum Vorschein.

Auf Fig. 27 ist in $\frac{1}{10}$ Graden der Unterschied zwischen der Oberflächen-Temperatur in der ersten Dekadengruppe, im Februar, und der zweiten Dekadengruppe, im März-April, für dieselben 4-Längengrad-Felder

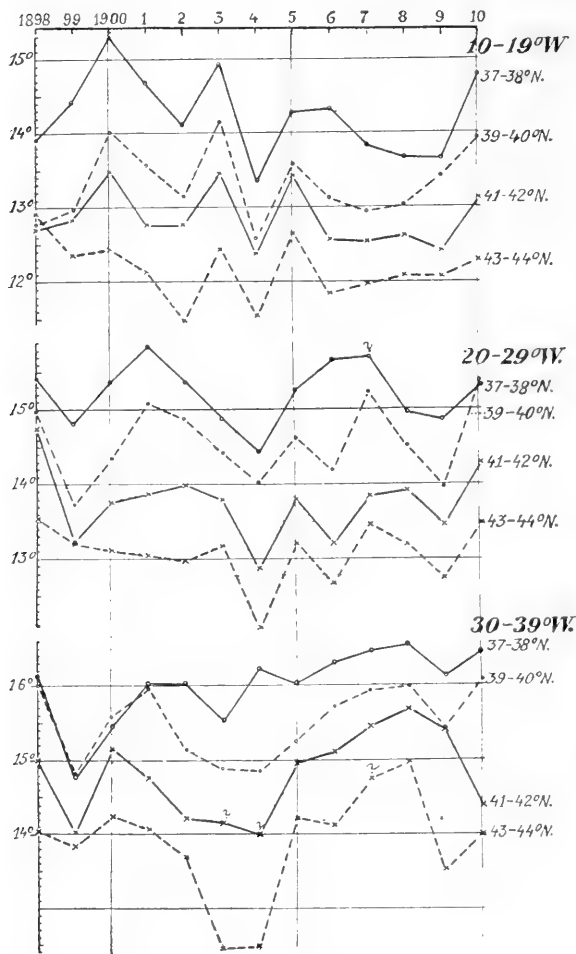


Fig. 28. Kurven für die Oberflächen-Temperaturen der 10-Längengrad-Felder zwischen 10^0 und 40^0 W.-Lg., und zwischen 37^0 und 45^0 N.-Br., in Februar 1898–1910.

dem größten Teil der Felder ein Sinken der Temperatur während dieser Zeit eintrat. Dasselbe war auch der Fall im Jahre 1906 auf der westlichen Hälfte des Gebietes, dagegen aber nicht auf der östlichen Hälfte usw. usw. In den ersten Jahren, 1898–1900, setzte in fast allen Feldern ein durchgängiges Steigen der Temperatur vom Februar bis zum März-April ein; dasselbe war auch in dem letzten Jahre 1910 der Fall.

längs der Fahrtstrasse Kanal—New-York zum Ausdruck gebracht. Die fetten Zahlen bezeichnen hier Erwärmung vom Februar bis März-April, die schräg liegenden, dünnen Zahlen bezeichnen Abkühlung. Wir sehen, daß auch hier eine gewisse Regelmäßigkeit oder ein System besteht, und zwar sowohl hinsichtlich der örtlichen wie der zeitlichen Verbreitung dieser Temperaturunterschiede. Wir finden z. B., daß im Jahre 1903 die Temperatur vom Februar bis zum März-April über großen Gebieten in der Mitte des Meeres sank, die Temperatur im Jahre 1904 aber vom Februar bis zum März-April durchgehend, und teilweise stark stieg, während im Jahre 1905 wieder über

Was oben über die Werte und Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperaturen in unserm nördlichen Gebiet: Kanal—New-York gesagt wurde, läßt sich auch im wesentlichen von den entsprechenden Werten und Kurven im südlicheren Gebiete zwischen 37^0 und 45^0 N-Br. und 10^0 und 40^0 W-Lg. sagen. Infolge der geringeren Anzahl von Beobachtungen haben wir, wie erwähnt, hier alle Beobachtungen innerhalb bedeutend größerer Felder von 10^0 an Länge und 2^0 an Breite zusammengefaßt und auf diese Weise 12 derartige 10-Längengrad-Felder erhalten (siehe Fig. 1).

Auf Fig. 28 sind graphisch in Kurven die gefundenen Werte der Oberflächen-Temperatur in allen Jahren innerhalb dieser zwölf Felder zusammengestellt. Die Schwankungen der Kurven stimmen in allen ihren Hauptzügen so gut überein, daß sie die wirklichen Verhältnisse wenigstens einigermaßen wiedergeben dürften. Es ist übrigens bemerkenswert, daß die Übereinstimmung zwischen den Kurven besonders gut für diejenigen Felder ist, die in der Richtung Süd—Nord zu einander zwischen jedesmal zehn Längengraden liegen; nicht so gut trifft dies zu für die Felder in ost-westlicher Richtung. Schließlich besteht auch eine gute Übereinstimmung zwischen den Kurven für diese drei Gruppen von 10-Längengrad-Feldern und den Kurven für die am nächsten im Norden oder Nordosten liegenden 10-Längengrad-Felder des nördlicheren Teiles unseres Beobachtungsgebiets: Kanal—New-York (vgl. Fig. 20 und 28).

Betrachten wir nun die Kurven aus den verschiedenen Teilen des großen Untersuchungsgebietes näher, so wird es sofort auffallen, daß Unterschiede in den geographischen Verhältnissen auch in den Kurven zum Ausdruck kommen. Besonders fällt der Unterschied zwischen den Kurven für diejenige Felder, die den kontinentalen Küsten im Osten (zwischen 10^0 und 20^0 W-Lg.) und Westen (zwischen 60^0 und 70^0 W-Lg.) am nächsten liegen, und den Kurven für die Felder in der Mitte des Meeres auf. Dies gilt sowohl für das Gebiet Kanal—New-York (Fig. 20), wie auch für das südliche Gebiet, Portugal—Azoren (Fig. 28).

Die Kurven für die östlichsten Zweigrad-Felder des nördlichen Gebiets haben sämtlich ungefähr denselben Typus, zwischen 10^0 und 20^0 (siehe Fig. 16), der auch in den Kurven für dieses 10-Gradfeld auf Fig. 20 zum Vorschein kommt. Diese Kurven unterscheiden sich durch mehrere kennzeichnende Züge von den Kurven für die Felder weiter westwärts. Besonders die Kurven für die erste Dekadengruppe, auf Fig. 20, weisen als kennzeichnende Züge erst ein gleichmäßiges Sinken vom Jahre 1898 bis 1902 auf, dann zwei sekundäre Maxima in den Jahren 1903 und 1905 und ein Minimum im Jahre 1904. Im Jahre 1906 besteht eine kleine Depressiou. In der Kurve für die zweite Dekadengruppe haben diese Charakterzüge sich etwas verändert.

Eine Ähnlichkeit mit der Kurve für die ersten Dekadengruppe finden wir auch in der Kurve für das nördlichste 10-Längengrad-Feld des südlichen Gebietes, 10^0 — 19^0 W-Lg. und 43^0 — 44^0 N-Br., siehe Fig. 28, und zum Teil

in noch ausgeprägterem Grade in der Kurve für das Feld westlich davon, 20^0 — 29^0 W-Lg. und 43^0 — 44^0 N-Br.

Diese sämtlichen Kurven gehören, wie man sagen kann, demselben Typus an und unterscheiden sich von den Kurven für die Felder weiter draußen in der Mitte des Meeres. Mit ihnen verwandt sind auch die Kurven für die drei südlicheren 10-Längengrad-Felder zwischen 10^0 und 20^0 W-Lg. und zwischen 37^0 und 43^0 N-Br. (siehe Fig. 28), die gleichfalls einen von den westlicheren Kurven verschiedenen Charakter aufweisen, ja sie schwanken zum Teil umgekehrt wie diese Kurven.

Die Kurven für das westlichste Feld des Meeres, zwischen 60^0 und 70^0 W-Lg. zeigen große Züge, die vollständig verschieden sind von dem, was wir in allen anderen Kurven finden, und sie bilden einen Typus völlig für sich. Teilweise verlaufen sie gerade umgekehrt wie die anderen, sie haben z. B. Minima in den Jahren 1901 und 1902 und im Jahre 1905 — die Kurve für die erste Dekadengruppe hat außerdem ein starkes Minimum im Jahre 1898 — weiter hat sie ein Maximum in den Jahren 1903 und 1904, und besonders die Kurve für die zweite Dekadengruppe zeigt ein ausgeprägtes Maximum im Jahre 1903. Für die späteren Jahre, nach 1905, weisen die Kurven mehr Ähnlichkeit auf mit den Kurven für das 10-Längengrad-Feld (50^0 — 59^0 W-Lg.) östlich davon, das, wie man sagen kann, bis zu einem gewissen Grad den Übergang zu den Kurven für die Felder weiter östlich bilden. Diese verschiedenen Typen gehen aus den Figuren 21 und 22 deutlich hervor.

Sehen wir indessen von den soeben erwähnten Ungleichheiten ab, die meistens nur bei den Kurven für die westlichsten und östlichsten Gebiete in der Nähe der Kontinente bestehen, und betrachten alle Kurven aus sämtlichen Feldern innerhalb unseres Untersuchungsgebiets als ein Ganzes, so muß es überraschen, daß gewisse große Züge dem weit überwiegenden Teil dieser Kurven mehr oder weniger gemeinsam sind. Nehmen wir deshalb die Mittel der Temperatur-Anomalien jeder Dekadengruppe für jedes Jahr von allen den Tausenden von Beobachtungen, die wir aus dem ganzen Gebiete gesammelt haben, so müssen wir erwarten, daß uns diese Mittelwerte eine Kurve geben, die so zu sagen die wirklichen Verhältnisse für den ganzen Nordatlantischen Ozean widerspiegeln.

Nimmt man die Mittel der Anomalien der Durchschnittstemperaturen für jedes Jahr und für jede Dekadengruppe der sechs 10-Längengradfelder zwischen dem Kanal und New-York, so findet man die Werte, die in Tabelle 2 W aufgeführt und graphisch in den Kurven W Fig. 48 dargestellt sind.

Wir haben auch die Werte für beide Dekadengruppen zusammengefaßt und erhalten dadurch jährliche Durchschnittswerte der Temperatur-Anomalien für alle unsere Dekaden, die man in der Tabelle 2 W wiedergegeben und in der starken Kurve Fig. 48 graphisch wiedergegeben findet.

Die entsprechenden Durchschnittswerte für die erste Dekadengruppe für die zwölf südlicheren 10-Längengrad-Felder sind in Tabelle 3 W (unten) und auf Fig. 29, Kurve III zu sehen. Die Übereinstimmung zwischen diesen verschiedenen Kurven ist auffallend.

Nehmen wir für die erste Dekadengruppe die Mittelwerte für jedes Jahr zwischen den Mittelzahlen für die zwölf südlicheren Felder (Fig. 24, Kurve III) und den drei östlichsten 10-Längengrad-Feldern, also zwischen 10° und 40° W-Lg. (Fig. 24, Kurve II), des nördlicheren Meeresstrichs, Kanal—New-York, so sollten wir Werte erhalten, die die Anomalien der Durchschnittstemperatur für diesen Teil des Atlantischen Ozeans östlich des 40° W-Lg. in der ersten Dekadengruppe darbieten. Nehmen wir nun wieder die Mittelzahlen für jedes Jahr zwischen diesen Werten und die Mittelzahlen für die drei westlichsten 10-Längengrad-Felder, also zwischen 40° und 70° W-Lg. (siehe Fig 29, Kurve IV), so sollten wir die Durchschnittsanomalien für diesen ganzen Strich des Atlantischen Ozeans in seiner ganzen Breite erhalten. Die so gefundenen Werte für die erste Dekadengruppe sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt und in der Kurve V auf Fig. 29 graphisch dargestellt.

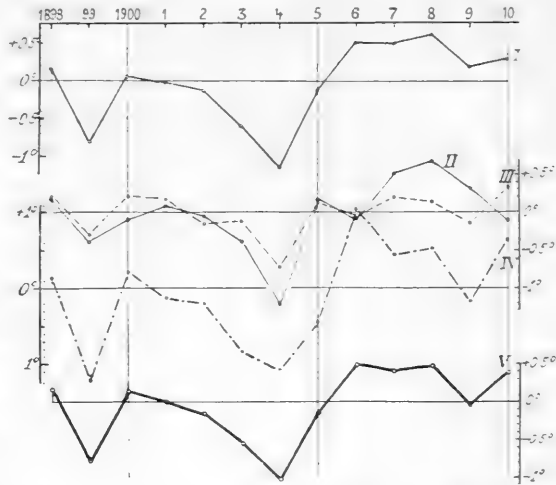


Fig. 29. Kurven für die Anomalien der Oberflächentemperaturen für 3. Februar—4. März.

- I. Mittel sämtlicher sechs 10-Längengrad-Felder Kanal—New-York.
- II. Mittel der drei östlichen 10-Längengrad-Felder Kanal—New-York.
- III. Mittel sämtlicher zwölf 10-Längengrad-Felder Portugal - Azoren.
- IV. Mittel der drei westlichen 10-Längengrad-Felder Kanal—New-York.
- V. Mittel von den Kurven $\frac{II + III}{2}$ und IV.

Anomalien der Mittel-Temperaturen¹.

	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
10—39° W. Nördliche Route	+0.2	-0.4	-0.1	+0.1	-0.0	-0.4	-1.2	+0.2	-0.1	+0.5	+0.7	-0.3	-0.1
10—39° W. 37—44° N.	+0.2	-0.3	+0.2	+0.2	-0.1	-0.1	-0.7	+0.1	-0.1	+0.2	+0.1	-0.1	+0.3
Mittel:	+0.2	-0.3	+0.1	+0.1	-0.1	-0.2	-1.0	+0.2	-0.1	+0.4	+0.4	+0.1	-0.1
49—69° W. Nördliche Route	+0.1	-1.2	+0.2	-0.1	-0.2	-0.8	-1.1	-0.4	+1.0	+0.4	+0.5	-0.2	+0.6
Mittel aus den zwei letzten Zahlreihen	+0.2	-0.8	+0.1	+0.0	-0.1	-0.5	-1.0	-0.1	+0.5	+0.4	+0.5	-0.0	+0.4

¹ Die Werte der Anomalien sind wie immer, mit zwei Dezimalen ausgerechnet, wenn wir auch hier nur die erste Dezimale aufführen.

Diese Verarbeitung ergibt eine Kurve, die den anderen sehr gleicht; diese Kurve sollte also die Schwankungen in den Oberflächen-Temperaturen des Nordatlantischen Ozeans zu der kältesten Zeit des Jahres in dem von uns untersuchten Zeitraum von 13 Jahren darstellen.

Als charakteristische Züge dieser Kurve mag hervorgehoben werden: Eine große Depression in den Jahren 1903 und 1904, eine kleinere Depression im Jahre 1899, und zwei Maximumsperioden, in den Jahren 1900 bis 1902, und in den Jahren 1906 bis 1908. Diese Züge treten auch sehr deutlich hervor in den meisten ausgeglichenen Kurven, sowohl in Fig. 21 wie in Fig. 22. In der letzten Maximumsperiode, 1906 bis 1908, war die Temperatur durchschnittlich bedeutend höher als in der früheren Periode vor 1902 (im Februar wie auch im März-April). Dies war aber nicht der Fall in den Durchschnittstemperaturen der zwölf südlichen Felder (siehe Fig. 29, Kurve III), wo die Temperaturen der letzten Maximumsperiode etwas niedriger als diejenigen der ersten Maximumsperiode vor 1902 waren. Dies ist noch mehr der Fall in den südöstlichsten Feldern, zwischen 10^0 und 20^0 W-Lg. und besonders zwischen 37^0 und 39^0 N-Br., siehe Fig. 28. Eine ähnliche Senkung der Temperatur von der ersten zu der letzten Maximumsperiode finden wir auch in den Kurven für die 10-Längengrad-Felder der dänischen Observationen nördlich von 50^0 N-Br., zwischen 20^0 und 40^0 W-Lg. (siehe Fig. 31 u. 32).

Wie früher erwähnt, unterscheiden sich die Meeresstriche am nächsten den Festlandküsten zu beiden Seiten von dem Gebiet des mittleren Meeres, und es hat den Anschein, als ob nahe den Kontinenten besondere Verhältnisse ihren Einfluß auf die Schwankungen in den Oberflächen-Temperaturen geltend machten, während diese in größerem Abstand von den Küsten weniger bemerkbar ist. Es dürfte deshalb zweckmäßiger sein, alle diese Felder zwischen 10^0 und 20^0 W-Lg. und zwischen 60^0 und 70^0 W-Lg. aus den Berechnungen auszulassen, wenn man Mittelwerte zu finden wünscht, die die Schwankungen von Jahr zu Jahr in der Oberflächen-Temperatur während der kältesten Zeit des Jahres auf dem offenen Atlantischen Ozean angeben sollen.

Tabelle gibt 2 W die Anomalien für die Durchschnittstemperaturen wieder, die auf diese Weise für die vier mittleren 10-Längengrad-Felder (zwischen 20^0 und 60^0 W-Lg.) des nördlichen Strichs gefunden worden sind, und zwar für beide Dekadengruppen, jede für sich sowie beide zusammengefaßt, und auf Fig. 49 sind sie graphisch in den Kurven W dargestellt.

Tabelle 3 W (unten) sowie die Kurve S auf der Fig. 30 geben die Anomalien der Durchschnittstemperaturen für Februar für die acht 10-Längengrad-Felder zwischen 20^0 und 40^0 W-Lg. des südlichen Gebiets wieder.

Die obere, vollgezogene Kurve (N) auf Fig. 30 stellt die Anomalien der Durchschnittstemperaturen für Februar für die vier 10-Längengrad-Felder zwischen 20° und 60° W-Lg. des Meeresstrichs Kanal—New-York dar, während die gestrichelte Linie die entsprechende Temperaturkurve für die zwei 10-Längengrad-Felder zwischen 20° und 40° W-Lg. darbietet, die also an Länge den acht südlicheren Feldern entsprechen, deren Temperatur-Anomalien in der Kurve S wiedergegeben sind. Wir sehen, daß die Übereinstimmung zwischen den Kurven für diese südlicheren Felder und nördlicheren Felder in bemerkenswertem Maße vollständig ist.

Wir müssen deshalb mit Berechtigung von der Ansicht ausgehen dürfen, daß diese Kurven eine typische Darstellung liefern für die in dem untersuchten Zeitraum auftretenden Temperaturschwankungen an der Meeresoberfläche des mittleren Nordatlantischen Ozeans.

Auch müssen wir annehmen, daß die große und eigentümlichen Merkmale in diesen Abweichungen für dieses ganze Meeresgebiet gemeinsam sind.

Dieses Ergebnis stimmt weniger gut mit dem Schluß überein, zu dem PETERSEN gekommen war, daß die Schwankungen in den Oberflächen-Temperaturen währen der verschiedenen Monate des Jahres auf der Ost- und Westseite einer mitten durch den Atlantischen Ozean gelegten Achse (auf 40° W-Lg.) meistens in entgegengesetzter Richtung gehen sollten. Dies ist deutlich durch einen Vergleich der Kurven II und III (für das Meer östlich von 40° W-Lg.) und IV (für das Meer westlich von 40° W-Lg.) auf Fig. 29 zu sehen. Die großen Züge dieser Kurven sind ja dieselben. Wie es aus Fig. 40 hervorgehen wird, findet man nur in einzelnen Jahren (Februar 1905 und März-April 1899) einen solchen Wechsel wie PETERSEN annimmt.

Betrachten wir nun die gefundenen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur in den 10-Längengrad-Feldern für die dänischen Beobachtungen nördlich von 50° N., so finden wir hier in dem mittleren Gebiet des Meeres, zwischen 20° und 40° W., dieselben großen Allgemeinzüge in den Schwankungen sowohl für Februar, wie auch für März-April; dies geht aus un-

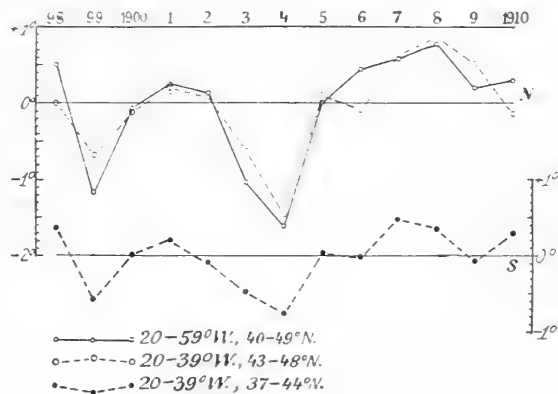


Fig. 30. Kurven der Anomalien des Oberflächen-Temperatur für 3. Februar—4. März.

seren Kurven für 20^0-29^0 W-Lg. und 30^0-39^0 W-Lg. auf Fig. 31 u. 32 hervor; man vergleiche sie z. B. mit den Kurven auf Fig. 20 und Fig. 29, 30, u. 48, W. Man wird in den Februar-Kurven eine Depression im Jahre 1899, und eine größere im Jahre 1904 finden. Im Jahre 1901 war die Tempera-

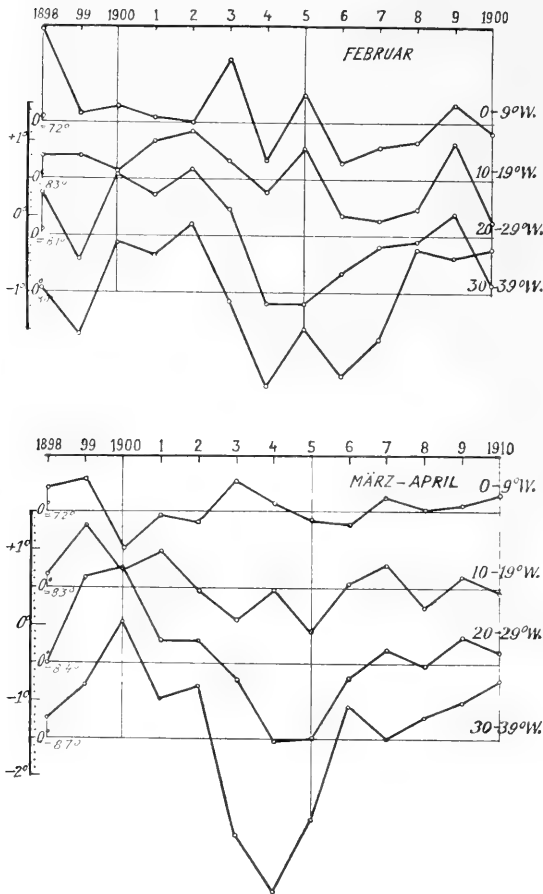


Fig. 31 u. 32. Kurven für die Oberflächen-Temperatur der 10-Längengrad-Felder der dänischen Observationen nördlich von 50^0 N-Br. zwischen 0^0 u. 10^0 W-Lg. und 58^0 u. 60^0 N-Br., zwischen 10^0 u. 20^0 W-Lg., und 56^0 u. 60^0 N-Br., zwischen 20^0 u. 30^0 W-Lg. und 53^0 u. 58^0 N-Br., zwischen 30^0 u. 40^0 W-Lg. und 58^0 u. 54^0 N-Br. für Februar (Fig. 31), und für 16. März bis 15. April (Fig. 32).

Depression auf. In den späteren Jahren 1905 bis 1907 oder 1908 waren die Temperaturen in den nördlichen dänischen Feldern, verhältnismäßig niedrig. Dies geht aus den Kurven auf Fig. 32 hervor.

Die Temperatur-Kurven für die beiden östlichsten 10 Längengrad-Felder des dänischen Beobachtungsgebiets unterscheiden sich sowohl für Februar wie

tur etwas niedriger als in den Jahren 1900 und 1902, ein Verhältnis, das wir in der Durchschnittskurve für die Felder weiter südlich auf Fig. 48 wiederfinden. Eine ziemlich große Unstimmigkeit besteht im dem späteren Teil der Kurven, wo die Anomalien für den Zeitraum zwischen 1905 und 1907 durchgehends sehr viel niedriger sind, als in den Feldern weiter südlich.

Im März-April des Jahres 1898 war die Temperatur verhältnismäßig niedrig. Dies entspricht nicht den Verhältnissen in der Oberflächen-Temperatur in den Feldern weiter südlich. Dagegen sehen wir, daß die Lufttemperatur für März-April in diesen Feldern durchschnittlich im Jahre 1898 niedrig war (Fig. 49). Unsere Kurven für März-April weisen meistens in den Jahren 1903, 1904 und 1905 eine große

auch für März-April von den oben besprochenen Kurven durch einen völlig verschiedenen Charakter; besonders im März-April gehen sie größtenteils gerade umgekehrt, und sind mit den Kurven für die östlichsten 10-Längengrad-Felder weiter südlich, 10^0 — 19^0 W.-Lg. des Striches Kanal—New-York verwandt, und ebenso mit den entsprechenden Kurven für 10^0 — 19^0 W.-Lg. im Gebiete Portugal—Azoren. Es sieht demnach aus, als ob dieser Unterschied zwischen den Schwankungen der Temperatur in dem östlichen Teil des Nordatlantiks und den Schwankungen in den Feldern weiter draußen im Meere für den ganzen Meeresstrich von 37^0 N. bis ganz hinauf zu 60^0 N. zutrifft. Die Kurven für das Feld 10 — 19^0 W.-Lg. bilden Übergangsformen zwischen den Kurven für das Feld 0 — 9^0 W.-Lg. und derjenigen der westlicheren Felder.

Schwankungen der Oberflächen-Temperaturen zur kältesten Jahreszeit mit den Schwankungen der Jahrestemperaturen verschiedener Meeresteile verglichen.

Da, wie wir bereits hervorgehoben haben, die Oberflächen-Temperatur im Nordatlantischen Ozean während der kältesten Zeit des Winters und gegen dessen Ende zu angenommenerweise so ziemlich genau mit der Temperatur in den bis zu beträchtlichen Tiefen darunterliegenden Wassermassen des Meeres übereinstimmt, so müssen wir daraus Folgendes folgern können: die Schwankungen in diesen Oberflächen-Temperaturen während der kältesten Jahreszeit sind nicht nur vorübergehende und zufällige Adweichungen in der dünnen Oberflächenschicht, sondern, zum Teil wenigstens, tiefergreifende Veränderungen in der Temperatur der oberen Wassermassen des Meeres. Diese Veränderungen, müssen sich gewiß durch längere Zeiträume hindurch und nicht bloß während des kurzen Zeitabschnitts geltend machen, in den unsere Beobachtungen fallen. Unsere Kurven zeigen denn auch, daß die Schwankungen während der unserer mehr als zwei Monate währenden Untersuchungszeit von Anfang Februar bis Mitte April in großen Zügen wenigstens wesentlich unverändert bleiben.

Es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, daß zum mindesten die größeren Züge dieser Schwankungen auch in den durchschnittlichen Jahrestemperaturen für die Oberfläche in unseren Feldern zum Ausdruck kommen würden, wenn auch selbstverständlich die Schwankungen hier geringer und mehr ausgeglichen werden.

Wir haben keine Gelegenheit gehabt, selbst Beobachtungsstoff zu sammeln, um dieses Verhältnis zu untersuchen. Die ebenbesprochenen dänischen Beobachtungen nördlich von 50^0 N.-Br., und die von PETERSEN

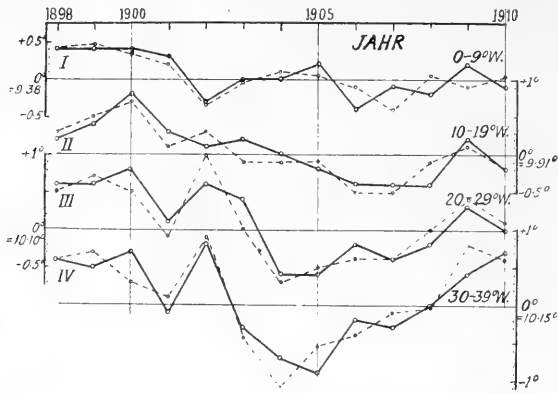


Fig. 33. Kurven für die Jahresmittel der Temperatur-Anomalien in den vier 10-Längengrad-Felder der dänischen Observationen (siehe Fig. 31 u. 32). Die voll ausgezogenen Kurven zeigen die Mittel des Jahres Sept.—Aug., die gestrichelten die Mittel des Kalenderjahres.

mit den Kurven für Februar und März-April (Fig. 31 und 32) vergleicht, wird man eine unverleugbare Ähnlichkeit allerdings im Kurven-Charakter für die einzelnen Felder sehen. Die Ähnlichkeit konnte bei den Unvollständigkeit des Materials kaum besser erwartet werden. Es ist auch im Auge fallend, daß eine durchgehende und analoge Ungleichheit besteht zwischen den Kurventypen für die beiden östlichen und die beiden westlichen Felder.

Der Gegensatz zwischen dem östlichsten Felde, $0-9^{\circ}$ W-Lg., und den westlichsten Feldern, $20-29^{\circ}$ und $30-39^{\circ}$ W-Lg., tritt in diesen Kurven (Fig. 33, Kurven I, III u. IV) noch schärfer hervor. Die Kurve II für das mittlere Feld, $10-19^{\circ}$ W-Lg., bildet wie gewöhnlich eine Übergangsform.

Die Übereinstimmung zwischen den Jahreskurven und den Februar und März-April Kurven tritt ganz deutlich hervor, wenn man die Mittelwerte für sämtliche vier Felder für Februar und März-April wie für das Jahr berechnet und in Kurven darstellt, wie wir es in Fig. 34 getan haben. Die Kurve der Mittelwerte für Februar und März-April (die obere starke voll ausgezogene Kurve in der Figur) zeigt besonders ein auffallender Parallelismus zu der Kurve für das Jahr September—August.

Fig. 35 zeigt die Schwankungen der Jahrestemperatur (September-August) für PETERSEN'S Eingradfelder. Wir sehen, daß die Kurven für die Stationen von Nr. 1 und westwärts bis Nr. 7 im großen ganzen eine gewisse gegen-

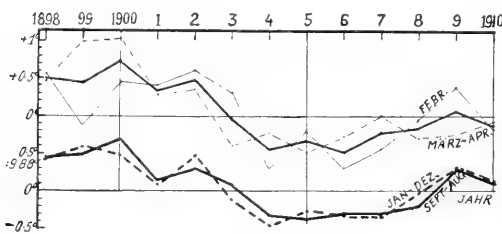


Fig. 34. Kurven für die Temperaturmittel aller vier dänischen Felder (vgl. Fig. 31—33) für Februar, März-April (obere Linien) und für das ganze Jahr (untere Linien).

und LIEPE veröffentlichten Beobachtungen liefern aber ein Mittel die Frage näher zu studieren.

In Fig. 33, Kurven I—IV ist eine Darstellung der Jahresmittel für die vier oben erwähnten dänischen Felder gegeben. Die voll ausgezogenen Kurven zeigen die Mittel für die 12 Monate vom 1. September des vorhergehenden Jahres bis einschließlich August des angegebenen Jahres; die gestrichelten Kurven zeigen die Mittelwerte für das Kalenderjahr. Wenn man diese Kurven

seitige Ähnlichkeit aufweisen und sozusagen einen bestimmten Typus darstellen, der sich gradweise von Osten nach Westen verändert. Diese Kurven machen deshalb einen ziemlich vertrauenerweckenden Eindruck, während die Kurven für die Stationen westlich von Stat. 8 geringe oder gar keine gegenseitige Übereinstimmung erkennen lassen. Dies ist offenbar zum großen Teil auf Zufälligkeiten in den Beobachtungen zurückzuführen,

Im großen ganzen ist eine gewisse Ähnlichkeit vorhanden zwischen den Jahreskurven für Petersens Stationen 1–6 und den Jahreskurven der dänischen Felder auf entsprechenden Längen (Fig. 33). Man vergleiche Fig. 35, St. 1, mit Fig. 33, I, Fig. 35, St. 3 und 4, mit Fig. 33, III, oder Fig. 35, 5, 6 und 7 mit Fig. 33, IV.

Es herrscht ferner eine stark ausgeprägte Ähnlichkeit zwischen der Jahreskurve für Petersens östlichste Station, den Kurven für Februar für dieselben Station (Fig. 36, PSt. 1), und unseren Kurven für Februar und März-April für die entsprechenden östlichsten Felder, wie Fig. 36 zeigt. Wir haben hier auch aus Petersens eigener Abbildung [1912] den Jahreswert für 1903 einführen können. Die Übereinstimmung zwischen der Jahreskurve und den Kurven für Februar und März für Petersens Station Nr. 1 ist merkwürdigerweise nicht so gut wie die Übereinstimmung zwischen dieser Jahreskurve und der Februarkurve für unsere östlichsten Felder zwischen 10^0 und 14^0 W.Lg. (vergl. auch die Kurve für die Felder zwischen 10^0 und 20^0 W.Lg. Fig. 20, $10-19^0$ W.) sowie für die Felder südlich davon zwischen 10^0 und 20^0 W.Lg. auf 43^0 und 44^0 N.Br. (Fig. 36 $10-19^0$ W.) Als Grund nehmen wir an, daß unsere Kurven, die sich auf einen umfangreicheren Beobachtungsstoff gründen, zuverlässiger sind, als die Monatskurven für Petersens Station Nr. 1.

Es ist bemerkenswert, daß die Jahreskurve für Petersens westlichste Station, nämlich Nr. 12 (auf 66^0 W.Lg. bzw. 40^0 und 41^0 N.Br.), mit einem Maximum im Jahre 1900 und einem absoluten Minimum in Jahre 1898, sowie niedriger Temperatur im Jahre 1902, große Ähnlichkeit mit unserer Februarkurve für das westlichste 10-Längengrad-Feld auf 60^0-69^0 W.Lg. (siehe Fig. 20, $60-69^0$ W.) hat. Sie hat auch Ähnlichkeit mit den Februar- und Märzkurve für seine Station 12 und ebenso mit den Februar- und Märzkurven für die Mittelwerte seiner beiden westlichsten Stationen, Station 11 und 12, siehe Fig. 13, 11 & 12.

Die Mittelwerte für sämtliche Stationen PETERSENS für Februar zeigen ähnliche Schwankungen wie die entsprechenden Mittelwerte für unsere sämtliche Felder zwischen dem englischen Kanal und New-York (Fig. 29, I).

Da LIEPES Stationen längs der Ostseite des Atlantischen Ozeans, wo die Entfernung zwischen den Isothermen groß ist, liegen, sollte man erwarten, daß die Jahreskurven mit den Februar- und Märzkurven für diese Stationen eine einigermaßen gute Übereinstimmung aufweisen. Dies trifft auch in einem großen Teil der Fälle zu. In Fig. 37 haben wir die Kurven (für September–August) für Liepes verschiedene Stationen zusammengestellt.

Wie man sehen wird, besteht eine große gegenseitige Ähnlichkeit zwischen den Kurven; sie zeigen gradweise Veränderungen von Norden nach Süden, was darauf hindeutet, daß sie wirklich die Verhältnisse ziemlich richtig darstellen.

Auffällig ist die Ähnlichkeit zwischen der Jahreskurve für Liepes Station 1 und seiner Februar-Kurve für dieselbe Station, der Jahreskurve für Petersens

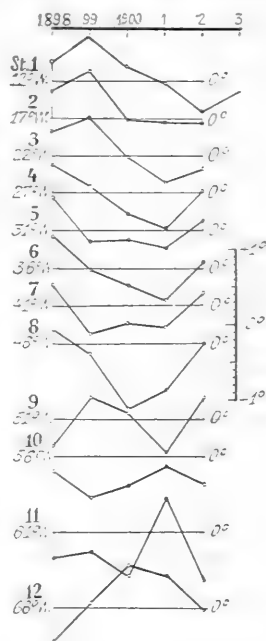


Fig. 35. Petersens Stationen 1–12 längs des Schiffsartsweges: Kanal–New-York zwischen dem 11^0 und 60^0 W.Lg. Kurven für die Jahresanomalien der Oberflächen-Temperatur, berechnet vom 1. September des vorhergehenden Jahres bis zum 31. August des angegebenen Jahres.

Station 1, sowie den Februarkurven für unsere östlichsten Felder, wie in Fig. 36 dargestellt.

Die Ähnlichkeit zwischen der Jahreskurve für Liepes Station 3 und seine Februar- und Märzkurven für dieselbe Station, auf 35° N.Br. und 13° W. Lg., und der Februarkurve für unser entsprechendes Feld, das etwas weiter nördlich, und zwar auf 37° und 38° N.Br. und zwischen 10° und 20° W.-Lg., liegt (siehe Fig. 1) ist ebenfalls bemerkenswert, wie Fig. 38 zeigt.

Die Jahreskurve für seine Station 2 auf 42° N.Br. und 9° W.-Lg. (Fig. 37) weist geringere Ähnlichkeit mit den Februar- und Märzkurven für dieselbe

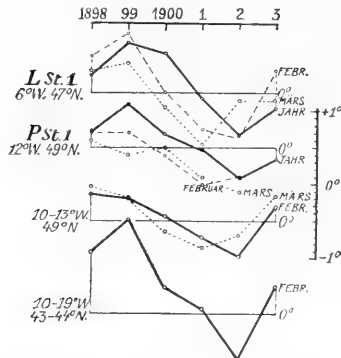


Fig. 36. Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperaturen: L. St. 1, für Liepes Station 1 für das Jahr (Sept.—Aug.) und für Februar und März. P. St. 1, für Petersens Station 1 für das Jahr (Sept.—Aug.) und für Februar und März. $10-13^{\circ}$ W., für die beiden Zwei-Gradfelder zwischen 10° und 14° W.-Lg. und zwischen 49° und 50° N.Br. unseres nördlichen Strichs: Kanal—New-York. $10-19^{\circ}$ W., für das nordöstlichste 10° -Längengradfeld zwischen 10° und 20° W.-Lg. und 43° und 45° N.Br. des Strichs: Portugal-Azoren.

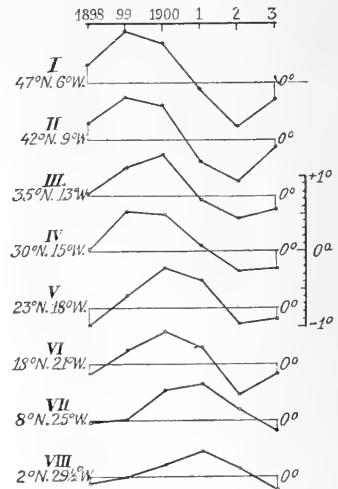


Fig. 37. Liepes Stationen I—VIII. Kurven für die Anomalien der Jahres-Temperaturen, gerechnet vom 1. September des vorhergehenden Jahres bis zum 31. August des angegebenen Jahres.

Station auf (Fig. 15), ist aber den Februarkurven für den nächsten unserer Felder (Fig. 28, vgl. Fig. 1) ähnlicher. Liepes Station 2 liegt so nahe der Küste daß die Oberflächen-Temperaturen davon beeinflusst werden müssen.

Die Übereinstimmung zwischen den Jahreskurven und besonders sowohl den Märzkurven für Stat. 4 und 5 als den Februarkurven für Stat. 6, 7 und 8, ist eine sehr gute.

Ähnlichkeit der Temperatur-Schwankungen über grossen Strecken des Meeres. Unterschied zwischen östlichen und mittleren Teilen des Nordatlantischen Ozeans.

Die Jahreskurven für Liepe's Stationen, für Petersens östliche Stationen und für die östlichsten dänischen Felder sind einander somit für den hier untersuchten kurzen Zeitraum (1898—1903) sehr ähnlich. Liepe hat in seiner Abhandlung [1911] die Kurven sämtlicher Stationen für die

ganze Zeit 1883—1903 publiziert; sie weisen auch für die Jahre vor 1898 eine große gegenseitige Ähnlichkeit auf. Wir gelangen daher zu dem Schluß daß die Schwankungen in den Jahrestemperaturen in den Hauptzügen über den ganzen östlichen Teil des Nordatlantischen Ozeans von 60° N.Br. bis zu 30° N.Br. (Liepes Stat. 4) oder sogar bis zu 18° N.Br. (Liepes Stat. 6, Fig. 37) ungefähr dieselben sind. Dies wird auch durch die 12-monatlich fortlaufend ausgeglichenen Temperatur-Kurven der verschiedenen Stationen zum Teil bestätigt, wie später erwähnt wird (vgl. Fig. 56).

Für diesen östlichen Teil des Ozeans haben wir ferner gefunden, daß die Schwankungen der Jahresmittel den jährlichen Temperatur-Schwankungen der kältesten Jahreszeit im Februar oder März sehr ähnlich sind. Dasselbe gilt auch wie oben erwähnt (vgl. Fig. 33 und 34) für die östlichen dänischen Felder. Wir glauben deshalb annehmen zu dürfen, daß dies eine allgemeine Regel für den Nordatlantischen Ozean ist.

Kehren wir nun wieder an Liepes südlichste Stationen zurück, so finden wir einige Verhältnisse von bedeutendem Interesse. Die Jahreskurven für seine Stationen 7 und 8, auf 8° bzw. 2° N.Br., die Mitten im atlantischen Ozean zwischen Afrika und Südamerika liegen, haben auch eine gewisse Ähnlichkeit mit denjenigen für seine nördlicheren Stationen; aber das Maximum ist ins Jahr 1901 verlegt, während es in der Passatgegend in das Jahr 1900 fiel und weiter nördlich sogar in das Jahr 1899. Daß die Ähnlichkeit so weit geht ist sonst überraschend, wenn man bedenkt, daß Liepes Stationen 7 und 8 in ganz anderen Meeresströmungen liegen. Station 7 liegt, wenigstens im Nordsommer, in der Äquatorialgegenströmung wo diese Strömung im August und September unter dem Einfluß des SW-Monsuns ihre größte Entwicklung erfährt. Die Station wird dagegen im Zeitraum Dezember bis Mai von der im März am stärksten ausgebildeten Nordäquatorialströmung durchsetzt. Die „Station 8 liegt in 2 bis 3° N.Br., $29\frac{1}{2}$ bis $30\frac{1}{2}^{\circ}$ W-Lg. fast ständig im Gebiet der Südäquatorialströmung; nur von Februar bis Mitte April zeigt sich hier diese Strömung öfter südlich von 3° N.Br. und erreicht ihre intensivste Stärke im Juli.

Die Jahreskurven für diese beiden tropischen Stationen bilden trotzdem einen besonderen Typus für sich und haben wie erwähnt viel Ähnlichkeit mit den Februarkurven für dieselben (siehe Fig. 15). Sie haben auch eine gewisse Ähnlichkeit mit den Februarkurven, besonders in unseren 10-Längengrad-Feldern zwischen 20° und 50° W-Lg. (Fig. 20 u. 30) da wir das Maximum im Jahre 1901 haben, und die Temperatur von dieser Zeit ab gleichmäßig bis 1903 sinkt. Allerdings haben die tropischen Kurven kein Minimum im Jahre 1899, aber es besteht dennoch in beiden Kurven die Andeutung zu einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur in diesem Jahre. Dies kommt für die beiden Stationen noch stärker zum Ausdruck in den Kurven für Fe-

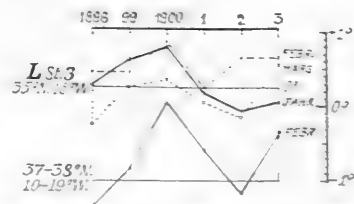


Fig. 38. Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur für Liepes Station 3 (L. St. 3) fürs Jahr (1. Sept. — 30. Aug.), und für Februar und März, sowie für unser Feld zwischen 37° und 39° N.Br. und 10° und 20° W-Lg. — für Februar.

bruar, und ihre Märzkurven haben Minima im Jahre 1899 (siehe Fig. 15). Es ist zu bemerken — wie wir früher erwähnt haben — daß Liepes zwei tropischen Stationen 7 und 8 ziemlich in der Mitte des Atlantischen Ozeans liegen, ebenso wie unsere Felder zwischen 20^0 und 50^0 W-Lg. und zwischen 37^0 und 50^0 N-Br.; die Entfernung zwischen diesen beiden Stationen und unseren Feldern ist allerdings bedeutend, sie beträgt von der Station 7 aus, über 3100 Kilometer bis zu unseren südlichsten Feldern oder ziemlich genau ebenso viel, wie vom Kanal bis nach Neufundland (Pl. XV, Felder VII, VIII, 3—5, 7—14). Vgl. auch später, Fig. 56.

Es ist von großem Interesse, diese Ergebnisse mit den Beobachtungen

in dem naheliegenden 10-Grad-Quadrat zwischen 5^0 und 15^0 N-Br. und 25^0 bis 35^0 W-Lg. (Pl. XV, Feld 20) zu vergleichen, das soeben in den holländischen „Monthly Meteorological Data for Ten-degree Squares in the Atlantic and Indian Oceans“ (Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut, Nr. 107 a, Utrecht 1914) für die Jahre 1900—1913 veröffentlicht worden sind. Allerdings sind Felder von 10 Grad in jeder Quadratseite zu groß, um den wirklichen Verhältnissen völlig entsprechende Werte zu erzielen bei einer Zusammenstellung alle Beobachtungen innerhalb dieser Felder, ohne Rücksicht auf die örtliche Verbreitung. Schließlich ist auch der Beobachtungsstoff selbst innerhalb dieser großen Felder in den meisten Jahren zu mager, um zuverlässige Werte zu ergeben. In dem erwähnten 10-Grad-Quadrat beträgt die Anzahl der Beobachtungen in den meisten Monaten ungefähr 10

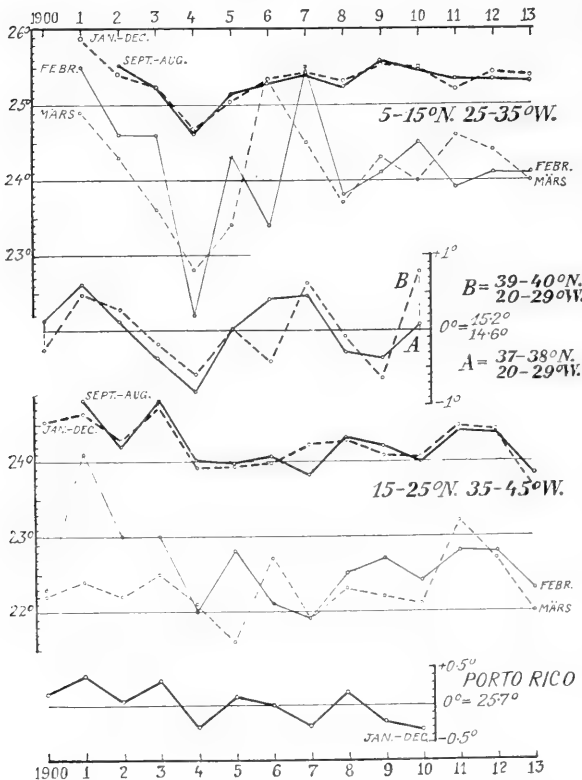


Fig. 39. Kurven für: die Oberflächen-Temperatur (im Jahre, im Februar und März) der holländischen 10-Grad-Quadrate auf $5-15^0$ N. und $15-25^0$ N., die Temperatur-Anomalien für unsere Felder A und B, und die Lufttemperatur des Jahres in San Juan (Porto Rico).

in jeden Monat, sie schwanken zwischen fünf und dreißig, manchmal mehr. Wir müssen aus diesen Gründen einige Unregelmäßigkeiten in den Mittelwerten für die verschiedenen Monate erwarten.

Wir haben die jährliche Mitteltemperatur für dieses Feld ausgerechnet, und zwar sowohl für das Kalenderjahr Januar—Dezember, wie für die 12 Monate September bis August; die gefundenen Werte sind in den beiden obersten Kurven auf Fig. 39 graphisch wiedergegeben. Die starke, voll ausgezogene Linie ist die Jahreskurve für September bis August, die starke, gestrichelte Kurve die des Kalenderjahres. Wir haben auch die Kurven für

die Februartemperatur gezogen (die schwache, ausgezogene Linie) sowie für die Märztemperatur (die schwache, gestrichelte Linie) für dasselbe Feld. Unter diesen Kurven haben wir auch noch die Kurven B und A gezeichnet. Diese gelten für unsere zwei südlichsten Felder auf entsprechenden Längen zwischen 20^0 und 30^0 W-Lg. und etwa 2500 Kilometer weiter nördlich (Pl. XV, Felder 13, 14) und zwar für Februar. Man wird einräumen müssen, daß zwischen diesen Kurven und den Februar- wie Märzkurven für das tropische Feld bis auf gewisse Ausnahmen eine recht große Ähnlichkeit besteht. Auffällig ist es, daß die Schwankungen in dem tropischen Feld so viel größer sind, als in unseren Feldern weiter nördlich.

Die beiden Jahreskurven für dieses tropische Feld haben eine eigentümliche Form, die eine auffallende Ähnlichkeit mit unseren Februar- und Märzkurven, besonders für die 10-Längengrad-Felder zwischen 20^0 und 40^0 W-Lg., aufweist (vgl. Fig. 30). Diese Ähnlichkeit wird noch augenfälliger, wenn wir die tropischen Jahreskurven mit unseren ausgeglichenen Kurven auf Fig. 21 und 22 vergleichen. Es besteht jedoch der wesentliche Unterschied, daß die tropischen Jahreskurven ihr absolutes Maximum im Jahre 1901 haben, das in der späteren Maximumperiode zwischen 1907 und 1909 nicht wieder erreicht wird, während unsere nördlichen Kurven (Kanal—New-York, Fig. 20, 30 N) ihr höchstes Maximum gerade in dieser letzteren Maximumperiode erreichen wie schon oben (S. 62) hervorgehoben wurde. Die Kurven für unsere südlicheren Felder, zwischen 10^0 und 30^0 W. (Fig. 28 und Fig. 39 A u. B) besonders für den südöstlichsten, sind aber den tropischen Kurven mehr ähnlich in dieser Beziehung. Es scheint, als ob in diesen Jahren ein Sinken der Temperatur im Südosten eingetreten ist. Aber das ausgeprägte Minimum im Jahre 1904 finden wir in allen Kurven wieder.

Wir dürfen auch darauf aufmerksam machen, daß die Kurven für Februar und März für das genannte tropische Feld gewisse Ähnlichkeiten mit den Februar- und Märzkurven für das 10-Längengrad-Feld $30-39^0$ W-Lg. der dänischen Beobachtungen, zwischen 50 und 54^0 N-Br. vgl. Fig. 39 mit Fig. 31 u. 32) aufweisen. Die Februar-Kurven für beide Felder zeigen dieselbe Depression in 1904, ein Steigen in 1905, und wieder eine Depression in 1906, aber dann giebt es Ungleichheiten in 1907¹, wie auch in 1902 usw. Die Märzkurven zeigen dieselbe große Depression in 1903, 1904 und 1905, ein Steigen in 1906, Depression in 1907, aber Ungleichheit in 1908, usw.

Dies alles deutet auf einen Zusammenhang und eine Kongruenz in den Schwankungen über große Strecken des mittleren Atlantischen Ozeans hin, und zwar in einer ähnlichen Weise wie in dem von uns bereits früher festgestellten Zusammenhang in dessen östlichen Gebieten. Dieser Zusammenhang geht vielleicht noch schöner hervor durch Vergleichung der 12-monatlich fortlaufend ausgeglichenen Temperatur-Kurven für die mittleren Stationen Petersens (zwischen 22^0 und 47^0 W-Lg., Fig. 56), die westlichen dänischen Felder (Fig. 55), die tropischen Stationen Liepes (Fig. 56) u. a., wie später erwähnt wird.

Von den anderen drei in dem holländischen Bericht behandelten 10-Grad-Quadraten weist allein das nordwestlichste Feld zwischen 15^0 und 25^0 W-Lg. (Pl. XV, Feld 19) durchgehends eine so hinreichende Anzahl von Beobachtun-

¹ Die Februarturve für das holländische Feld $15-25^0$ N., 35^0-45^0 W. zeigt eine Depression in 1907 (s. Fig. 39), und in diesem Jahre mehr Ähnlichkeit mit der Kurve in Fig. 32.

gen auf, daß man mit ihnen überhaupt rechnen kann. Wir haben in derselben Weise wie oben auch für dieses Feld die Jahresmittel ausgerechnet und sie in den beiden Kurven in Fig. 39 wiedergegeben, wovon die starke voll ausgezogene Kurve das Jahresmittel für die 12 Monate September bis August und die starke gestrichelte Kurve den Mittelwert für das Kalenderjahr angeben. Wir haben auf dieser Figur für dasselbe Feld auch die Februrkurve (die schwache, voll ausgezogene Linie) und die Märzkurve (die schwache, gestrichelte Linie) gezeichnet. Diese Kurven haben in ganzen bedeutend geringere Ähnlichkeit mit den unsrigen, abgesehen etwa davon, daß die Februrkurve für die Jahre 1900 bis 1905 dieselben großen Hauptzüge aufweist, die man in so vielen unserer Kurven wiederfindet. Im übrigen zeigen die Kurven für dieses holländische Feld im ganzen nach dem Jahre 1904 auffallend niedrige Temperaturen.

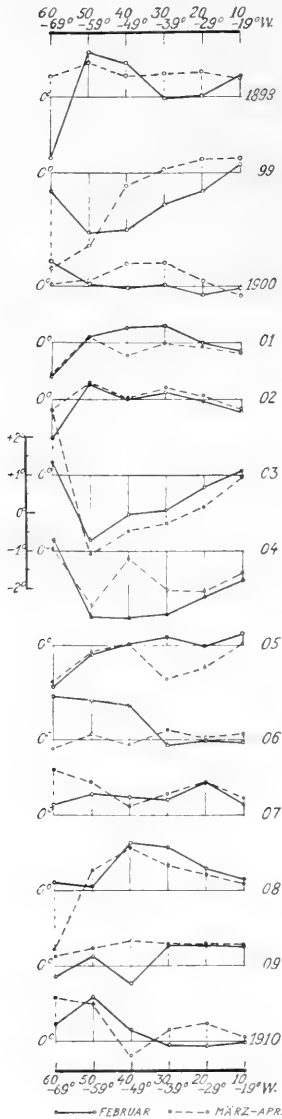


Fig. 40. Die Anomalien der Oberflächen-Temperaturen für Februar und März-April für die 10-Längengrad-Felder längs der Route Kanal—New-York, für jedes Jahr.

Zusammenstellung der Jahreskurven für beide Dekadengruppen der ganzen Meerestrecke Kanal—New-York für die Temperatur-Anomalien des Oberflächenwasser; dieselben Kurven für die einzelnen Jahre sind auch

Unterst auf Fig. 39 ist die Kurve für die Jahrestemperaturen der Luft in San Juan (Porto Rico) wiedergegeben. Zwischen dieser Kurve und der Jahreskurve September—August für das holländische Feld 15° — 25° N-Br. und 35° — 45° W-Lg. besteht eine unverkennbare Ähnlichkeit mit einer einzigen Ausnahme, und zwar dem Jahre 1905; aber in diesem Jahr weist die Februrkurve desselben Feldes gerade die Erhöhung auf, die wir sonst in mehreren anderen Kurven finden. Die Kurve für Porto Rico zeigt in noch höherem Grad die Neigung, von 1901 ab bis 1910 zu sinken.

Differenz der Temperatur-Schwankungen in den westlichen, mittleren, und östlichen Teilen des Nordatlantiks.

Betrachten wir die Entwicklung der Temperatur-Anomalien in den verschiedenen 10-Längengrad-Feldern von Westen nach Osten in jedem der zur Beobachtung gelangten Jahre, so finden wir im großen ganzen eine gewisse Regelmäßigkeit. Fig. 40 bringt eine

auf die Tafeln XVI—XL unten eingeführt, wo außerdem die entsprechenden Kurven für die südlichere Gegend zwischen Portugal und New-York links eingetragen sind. Die Minimumsjahre (1899, 1903 und 1904) weisen Kurven mit ausgeprägter Konkavität auf (Fig. 40), während die Maximumsjahre (z. B. 1901 und 1908) konvexe Kurven zeigen; dies gilt besonders für den Monat Februar. Dieser Umstand kann seine natürliche Erklärung darin finden, daß die jährlichen Schwankungen in dem mittleren Teil des Meeres besonders im Verhältnis zu dem östlichen Teil am größten sind. Es besteht, mit anderen Worten gesagt, in den Minimumsjahren, ein Anstieg der Kurven nach den östlichen Feldern, ausgehend von den mittleren Feldern. Nehmen wir die Differenz zwischen den Anomalien für eins der Mittelfelder und das östlichste Feld, so finden wir deshalb einen negativen Wert im Minimumsjahr und einen positiven im Maximumsjahr. Für den Monat Februar haben wir die Anomalien solcher Differenzen zwischen der Oberflächen-Temperatur für eins der Felder 30° — 39° W-Lg. minus der Oberflächen-Temperatur für das entsprechende Feld 10° — 19° W-Lg. berechnet, und zwar sowohl für die Route: Kanal—New-York, wie für das Gebiet: Portugal—Azoren. Das Ergebnis ersieht man aus Fig. 41, welche ausgeprägte Minima in

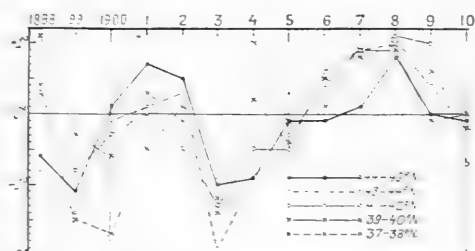


Fig. 41. Kurven für die Differenzen zwischen den Temperatur-Anomalien für eines der Felder 30° — 39° W-Lg. und eines der östlichsten Felder 10° — 19° W-Lg. längs der Route Kanal—New-York (Kurve 44—49° N.) und im Gebiet Portugal—Azoren (der vier anderen Kurven).

den kalten Jahren 1899 und 1903 und Maxima in den warmen Jahren 1901 und 1908 aufweist. Das Jahr 1904 zeigt hier kein Minimum für die Azoren-Felder, weil es in diesem Jahr sowohl im Westen wie im Osten überall kalt war; längs der Route Kanal—New-York war es dagegen in den westlichen Gebieten bedeutend kälter als in den östlichen, deshalb ist die hier besprochene Anomalie-Differenz für diesen nördlicheren Strich negativ und ziemlich groß

Vergleicht man diese Differenzen zwischen den Oberflächen-Temperaturen in der Mitte (30° — 39° W-Lg.) und auf der Ostseite (10° — 19° W-Lg.) des Atlantischen Ozeans mit der Temperatur im Februar an Liepes Station 1, so finden wir die Eigentümlichkeit, daß die Temperatur an Liepes Station 1 hoch ist, wenn die Differenz gering (negativ) ist und umgekehrt. Auf Fig. 42 sind die Durchschnittskurven für die genannten Differenzen dargestellt, und zwar sowohl für die vier südlichen Kurven auf Fig. 41

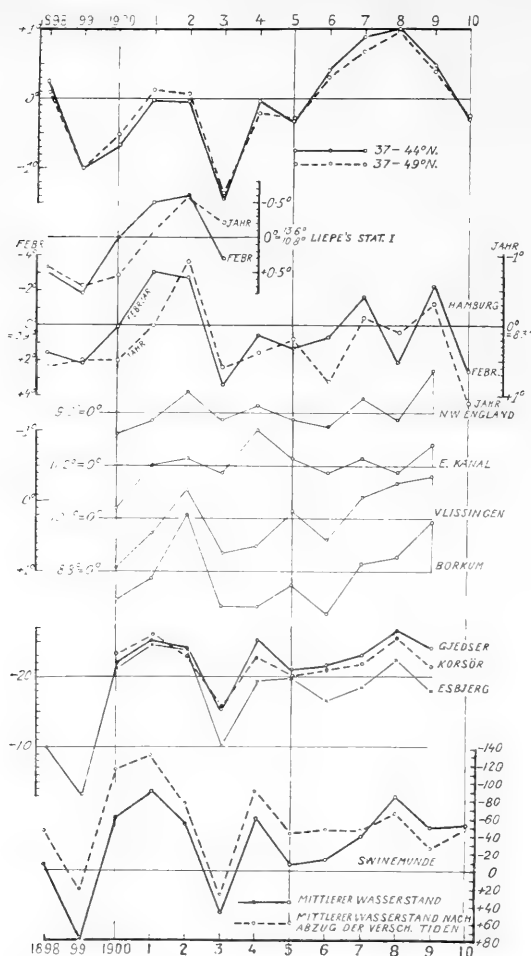


Fig. 42. Kurven für: durchschnittliche Differenz zwischen den Temperatur-Anomalien der Felder 30° – 39° W-Lg. und der Felder 10° – 19° W-Lg. (oberste Kurven, sie sind Mittel von den Kurven Fig. 41) für Februar; Anomalien der Oberflächen-Temperatur für Februar und für Jahr (Sept.–Aug.) an Liepes Station 1; Anomalien der Luft-Temperatur für Februar und Kalender-Jahr in Hamburg; Anomalien der Luft-Temperatur für Kalender Jahr in Nordwest-England, an dem Englischen Kanal, in Vlissingen, auf Borkum; Wasserstand für Kalender-Jahr in Gjedser, Korsør, Esbjerg und in Swinemünde. Für Temperatur-Kurven und Wasserstands-Kurven sind die ansteigenden Skalan nach unten gekehrt.

(Fig. 42, voll ausgezogene Kurve), wie für sämtliche fünf Kurven auf Fig. 41 (Fig. 42, gestrichelte Kurve).

Unter diesen Kurven ist auf derselben Figur die Februarkurve für Liepes Station 1, mit der ansteigenden (positiven) Skala nach unten gekehrt, eingezeichnet. Wir sehen, daß die Übereinstimmung zwischen dieser Kurve und den darüberliegenden Durchschnittskurven sehr augenfällig ist. Die Jahrestemperaturkurve für Liepes Station 1 (für September bis Ende August) ist ebenfalls auf derselben Figur sichtbar. Da diese Jahreskurve, wie erwähnt, große Ähnlichkeit mit der Februarkurve besitzt, müssen wir auch eine gewisse Übereinstimmung mit den Differenzkurven erwarten.

Auf derselben Figur ist die Kurve für die Temperatur der Luft für Februar in Hamburg [nach THRAEN 1915] wiedergegeben (mit umgekehrter Skala). Die Übereinstimmung zwischen dieser Kurve und der Februarkurve für Liepes Station 1, ebenso wie mit den Kurven für die Differenz zwischen der Ober-

flächen-Temperatur des Atlantischen Ozeans in dessen Mitte und auf der Ostseite, ist durchgängig auffallend groß. Die wesentlichste Ausnahme besteht im Jahre 1908, wo in der Februar-Temperatur in Hamburg ein Steigen anstatt ein Sinken auftritt, während in der Diffe-

renz zwischen den Temperaturen des Atlantischen Ozeans ein Maximum besteht. Im übrigen ist der Verlauf der Schwankungen in diesen Kurven vollständig übereinstimmend. Da die Schwankungen in der Luft-

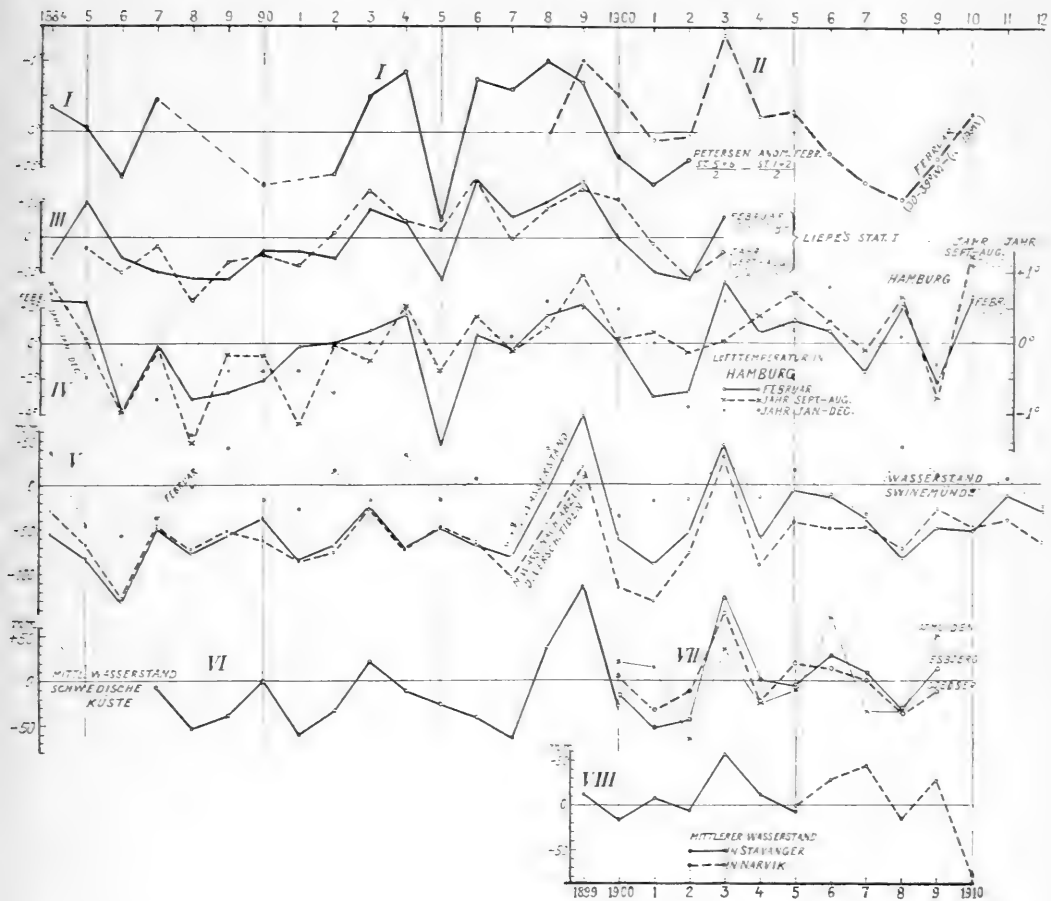


Fig. 43. Kurve: I: Differenzen zwischen den Temperatur-Anomalien von Petersens Stat. 5 u. 6 und den Temperatur-Anomalien seiner Stationen 1 u. 2 für Februar. II: Entsprechende Differenzen zwischen unseren Felder 30° – 39° W.-Lg. und 10° – 19° W.-Lg. III: Anomalien der Oberflächen-Temperatur im Februar und im Jahr (Sept.–Aug.) an Liepė St. 1. IV: Anomalien der Luft-Temperatur in Hamburg für Februar für das Jahr Sept.–Aug. und für das Kalender-Jahr. V: Mittlerer Wasserstand in Swinemünde für Kalender-Jahr und für Februar. VI: Mittleren Wasserstand für Kalender-Jahr an der schwedischen Küste. VII: Mittlerer Wasserstand für Kalender-Jahr im Ijmuiden, Esbjerg und Gjedser. VIII: Mittlerer Wasserstand für Kalender-Jahr in Stavanger und Narvik.

Temperaturen in dem einzelnen Monat selbstverständlich viel größer sind, als die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Meeres, ist die Skala für die Februar-Kurve für Hamburg bedeutend kleiner ($1/4$) gezeichnet, als die andere. Dies ergibt sich aus der Skala auf der linken Seite unserer Fig. 42.

Auf der Figur sind auch die Jahrestemperaturen in Hamburg durch eine gestrichelte Kurve für Sept.—Aug., und durch eine punktierte für Jan.—Dez. dargestellt (die Skala rechts). Wie sich erwarten ließ, ist die Übereinstimmung hier nicht so gut. Des Vergleichs halber haben wir auf dieser Figur auch noch die Kurven für die Jahrestemperatur der Luft im nordwestlichen England (N. W. England), für die Stationen rings um den Englischen Kanal (E. Kanal), für Vließingen, sowie für Borkum eingezeichnet. Wir können am Bilde einen gewissen Übergang in diesen Kurven feststellen.

Wenn es richtig ist, daß eine Übereinstimmung in der oben erwähnten Weise zwischen der Differenz in der Oberflächen-Temperatur in dem mittleren und dem östlichen Atlantischen Ozean und der Oberflächen-Temperatur in der Nähe des Kanals, bei Liepes Station 1, besteht, denn sollte diese Übereinstimmung auch bei einem Vergleich von Petersens Material mit Liepes Beobachtungsstoff zum Vorschein kommen, selbst wenn auch Petersens Material, wie bereits betont, wegen den zu kleinen Felder nicht besonders vollständig ist. Die oberste, voll ausgesogene Kurve auf Fig. 43 (Kurve I) stellt die Differenzen für Februar zwischen den Anomalien der Mitteltemperatur von Petersens Stationen 5 und 6 und den Anomalien der Mitteltemperatur seiner Stationen 1 und 2 dar; diese Stationen entsprechen unseren zwei 10-Längengrad-Feldern 30° — 39° W-Lg. und 10° — 19° W-Lg. Die ansteigende (positive) Skala wendet sich für diese Kurve abwärts. Auf der Figur rechts oben ist (betr. die Jahre 1898 bis 1910) die Kurve II (gestrichelt) für die Differenz: Oberflächen-Temperatur auf 30° — 39° W-Lg. minus Oberflächen-Temperatur auf 10° — 19° W-Lg. in allen unseren Feldern hinzugefügt. Die voll ausgezogene Kurve III auf Fig. 43 gibt die Temperatur-Anomalien im Februar auf Liepes Station 1 an. Die voll ausgezogene Kurve IV gibt die Luft-Temperatur im Februar in Hamburg wieder [nach THRAEN 1915]. Zwischen diesen Kurven besteht eine ausgeprägte Übereinstimmung, besonders in den späteren Teil nach 1892, wo, wie wir wohl auch erwarten müssen, die Beobachtungen am vollständigsten und zuverlässigsten sind. Die Kurven für die Mitteltemperaturen der Jahre (September—August), für die Meeresoberfläche an Liepes Station 1 und für die Luft in Hamburg sind ebenfalls auf Fig. 43 (III u. IV gestrichelt) hinzugefügt. Auch diese Kurven weisen viel Übereinstimmung auf, wenn auch hier die Ausnahmen häufiger werden; insbesondere ist die Jahrestemperatur September—August) für 1903 in Hamburg zu niedrig und zeigt deshalb hier keine Übereinstimmung. Die Jahrestemperatur für das Kalenderjahr 1903 ist dagegen verhältnismäßig hoch. Die Durchschnittstemperatur des

Kalenderjahres zeigt ebenfalls ein ausgeprägteres Minimum in Jahre 1902 (siehe die punktierte Linie IV in Fig. 43).

Schwankungen im Wasserstand der Nordsee- und der Ostsee-Küsten.

Auf eine andere sehr interessante Übereinstimmung sei an dieser Stelle gleich aufmerksam gemacht:

Fig. 42 hat unten einige Kurven, die die Schwankungen im mittleren Wasserstand des Jahres an verschiedenen Stellen der Nordsee- und der Ostseeküsten zeigen. Für die Jahre 1900—1909 sind in den oberen dieser Kurven (für Esbjerg, Korsör und Gjedser) die Werte aus BREHMER in Ann. Hydr., Mai 1913, genommen. Dessen Tabellen reichen aber nicht weiter zurück als bis zum Jahre 1900. Dagegen hat ROSÉN [1903] für die Jahre 1887—1910 Tabellen für eine Reihe schwedischer Ostsee-stationen veröffentlicht. Diese zeigen ein ausgeprägteres Maximum an allen Stationen im Jahre 1899. Wir haben die Mittel aus allen diesen schwedischen Angaben für die Jahre 1898, 1899 und 1900 genommen; den Unterschied zwischen 1900 und den beiden vorhergehenden Jahren haben wir zu der Kurve für diese beiden Jahre in Fig. 42 benutzt, indem wir die auf diese Weise gefundenen Zahlen mit den Angaben für Gjedser, das von den gewählten Stationen den schwedischen am nächsten liegt, verbunden haben. Die zwei untersten Kurven geben die Schwankungen im Wasserstand bei Swinemünde nach BREHMER in Ann. d Hydr., April 1914, S. 207, wieder. Die voll ausgezogene Kurve stellt den mittleren Wasserstand (in Brehmers Kolonne 1) dar, die gestrichelte Kurve den mittleren Wasserstand nach Abzug der verschiedenen Tiden (Brehmers Kolonne 17).

Die ansteigende (positive) Skala (in cm. und mm.) der Kurven ist für die Wasserstandsschwankungen nach unten gerichtet. Wir sehen da, daß ausgeprägte Maxima in den Jahren 1899 und 1903. und ausgeprägte Minima in 1901 und 1908 bestanden, also in denselben charakteristischen Jahren, die wir oben besprochen haben. Ein Vergleich zwischen den Kurven für den Wasserstand in der Nordsee und Ostsee und den Kurven für die Temperaturdifferenzen in Atlantischen Ozean zeigt denn auch ganz auffallende Übereinstimmungen in allen Jahren fast ohne Ausnahme.

Auf Fig. 43 haben wir diesen Vergleich auch auf die frühere Jahresreihe 1884 bis 1898 ausgedehnt, indem wir die Kurven für den Wasserstand in Swinemünde (die Kurven V) [nach BREHMER, 1914], für den mittleren Wasserstand an den Stationen an der schwedischen Küste (Kurve VI) [ROSÉN, 1903, S. 4] mit den Kurven für die Temperaturdifferenz von Petersens Stationen 5 und 6 minus 1 und 2 (Kurve I), für die

Oberflächen-Temperatur an Liepes Station 1 (Kurve III) und für die Luft-Temperatur im Hamburg (die Kurven IV) zusammengestellt haben. Die Übereinstimmung zwischen den Kurven ist augenfällig, die einzige wesentliche Unstimmigkeit besteht im Jahre 1895, wo die Wasserstandskurven um mit den Temperaturen zu stimmen ein Minimum hätten aufweisen müssen. Auch für 1894 ist die Übereinstimmung mangelhaft.

Auf derselben Figur 43 haben wir auch die Jahreskurven für den Wasserstand in Ijmuiden (an der holländischen Küste), in Esbjerg und in Gjedser (Kurven VII) eingezeichnet. Wie wir sehen, stimmen die Kurven für die Ostsee (Gjedser und Swinemünde) am besten mit unsere Kurve für die Temperaturdifferenz im Atlantischen Ozean, sogar vollständig, während dagegen die Kurven für die Nordseeküsten nicht so gut stimmen; am besten stimmt noch Esbjerg. Die Abweichungen wachsen in der Westrichtung längs der deutschen Küste über Norderney, Norddeich und der holländischen Küste zu, weshalb wir hier nur die Kurve für Ijmuiden wiedergegeben haben. Allmählich entwickelt sich hier westwärts ein Maximum im Jahre 1906, dessen Andeutung man bereits in der Kurve von Esbjerg sehen kann, das aber in Den Helder noch weit mehr entwickelt war.

Auffällig ist es, daß, während die Kurven für den Wasserstand des Jahres besonders in der Ostsee eine so vollständige Übereinstimmung mit unserer Kurve für die Temperaturdifferenz im Atlantischen Ozean im Februar aufweisen, nur sehr geringe Übereinstimmung zwischen dieser Kurve und den Monatskurven für den Wasserstand in der Nordsee und Ostsee im Februar (siehe die punktierte Kurve Fig. 44, V) oder März besteht.

Da wir es für wertvoll hielten, die Schwankungen im Wasserstand längs der nördlichen Küsten mit den Schwankungen zu vergleichen, die wir hier in der Nordsee und der Ostsee besprochen haben, verschafften wir uns durch das liebenswürdige Entgegenkommen der Norwegischen Geographischen Landesvermessung eine Abschrift der Wasserstands-Beobachtungen an den norwegischen Stationen. An zwei Stationen, Stavanger und Narvik, waren es Beobachtungen aus einer so langen Reihe von Jahren, daß sie sich zu diesem Vergleich zweckmäßig benutzen ließen. Wir berechneten aus den Monatsmitteln des Wasserstandes die Jahresmittel, benutzten den mittleren Wasserstand für die Jahre, welche die Beobachtungen umfassen, als Normale und fixierter somit die Anomalien im Wasserstand für jedes Jahr. Die gefundenen Anomalien, ausgedrückt in Millimetern, sind in der nachfolgende Tabelle mitgeteilt und als Kurven VIII auf Fig. 43 (zuunterst) eingeführt worden.

Anomalien des Wasserstands in m.m.

	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905
<i>Stavanger</i> ¹ . .	+12	-17	+7	-61	+57	+11	-7
	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
<i>Narvik</i> ²	-2	+28	+43	-16	+27	-79	

Wir sehen, daß für Stavanger Beobachtungen für eine zusammenhängende Reihe von Jahren von 1899 bis einschließlich 1905 und für Narvik von 1905 bis einschließlich 1910 vorliegen. Es muß bemerkt werden daß die einzelnen Monate und Jahres-Beobachtungen eine Reihe von Lücken aufweisen, so daß die gefundenen Werte keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit haben können.

Wir sehen, daß eine beträchtliche Ähnlichkeit zwischen diesen Kurven von der norwegischen Küste und den Kurven von Esbjerg in Dänemark sowie von Ijmuiden in Holland besteht. Aber die Übereinstimmung mit den Kurven aus der Ostsee ist geringer, ebenso wie die Übereinstimmung mit der Kurve für den Temperaturunterschied im Atlantischen Ozean, Fig. 43, Kurve II. Indessen finden wir in sämtlichen Kurven dasselbe auffallende Maximum für 1903, und Depressionen in den Jahren 1902 und 1908. Dagegen hat die Kurve aus Narvik ein Maximum im Jahre 1907, das wir in den anderen Kurven nicht wiederfinden, während anderseits die holländische Kurve und die Esbjerg-Kurve im Jahre 1906 ein Maximum haben, zu einer Zeit, wo auch die Narvik-Kurve einen hohen Wasserstand aufweist. Es muß als wichtig bezeichnet werden, daß man überhaupt solche Ähnlichkeiten in den Wasserstand-Schwankungen an so weit voneinander entfernt liegenden Küsten nachweisen kann.

Die Regel, die aus dem oben Angeführten abgeleitet werden kann, wurde lauten: *Wenn die Temperatur im Februar in den Ostfeldern des Atlantischen Ozeans, verglichen mit den mittleren Feldern (30^0-39^0*

¹ Für *Stavanger* fehlen Beobachtungen in: 1899 ganz Januar, ganz Februar, März 16.-23.; 1900 April 21.-30.; 1901 Juli 9.-16., Dezember 17.-24.; 1902 April 9.-16., Juni 4.-8., Juli 19.-24.; 1903 Febr. 6.-8., 15. u. 23., Juni 17.-21., 29., Aug. 17.-28., Okt. 1.-7., 14.-16., Dez. 17.-24.; 1904 Sept. 6.-8., 17.-18., Okt. 17.-20., Nov. 7.-10., 23., Dez. 30.-31.; 1905 Jan. 17., 19., 20., Febr. 10.-13., 17.-20., März 2., 5., 26., April 5.-14., Sept. 17.-22., 26.-30.

² Für *Narvik* fehlen Beobachtungen in: 1905 Jan. bis Ende April gänzlich; 1906 Aug. gänzlich; 1908 Dez. 13.-16., 20.-22., 24.-27.; 1909 Jan. 29.-31., Febr. 1.-9.; 1910 Febr. 5.-6., 12.-16., 22.

W-Lg.), verhältnismäßig hoch ist, so wird der Wasserstand im Durchschnitt für das ganze Jahr auch in der Nordsee und noch sicherer in der Ostsee verhältnismäßig hoch sein. Ebenso wird die Temperatur der Luft im Februar und meistens jahrüber in Hamburg hoch sein.

Hier handelt es sich um den *Unterschied* zwischen den Temperaturen in den verschiedenen Feldern des Atlantischen Ozeans; aus den absoluten Temperaturen in einem der Felder kann man nicht von vorne herein irgendwie sichere Schlüsse ziehen, weil eine Anomalie über dem ganzen Meere ausgeprägt sein kann (wie im Jahre 1904). Sehen wir uns indessen die Kurven für LIEPES Temperatur-Anomalien Station 1 (Fig. 43, III) an, einem Punkt, der weiter östlich als unsere Felder und unmittelbar in der Mündung des Englischen Kanals (bei Ouessant) liegt, so finden wir zwischen den dortigen Temperaturschwankungen und dem Wasserstand in der Ostsee (Fig. 43, V und VI) bessere Übereinstimmung, als man hätte erwarten sollen. Die Regel, daß eine hohe Oberflächen-Temperatur auf LIEPES Station 1 — sowohl wie eine hohe Luft-Temperatur an der Nordwestküste von Mitteleuropa (Hamburg) — im Februar im allgemeinen einem hohen Wasserstand in der Ostsee im Jahre entspricht, bietet wenig Ausnahmen. Die Erklärung liegt nahe; und wir werden später ausführlicher darauf zurückkommen (Kap. VII). Vorläufig sei einstweilen erwähnt, daß eine hohe Temperatur an der Mündung des Kanals auf eine hier nach Norden oder Nordosten gehende Bewegung des Wassers schließen läßt, die durch eine Luftdruckverteilung verursacht sein kann, welche ihrerseits niedrige Oberflächen-Temperatur in der Mitte des Atlantischen Ozeans hervorruft. Es entsteht ein Unterschied zwischen diesen mittleren Strichen und den östlichen (siehe Kurven auf Fig. 43). Dieser Unterschied steht mit den Massen des Wasser der Nordsee und Ostsee in Zusammenhang. Wenn diese Annahme zutrifft, sollten wir also mit Hilfe von Temperaturbeobachtungen im Atlantischen Ozean im Februar den Schluß ziehen können, ob in diesem Jahre in der Nord- und Ostsee ein verhältnismäßig hoher oder niedriger Wasserstand eintreten wird. Dies führt auch zu weiteren Folgerungen für die Ostsee, wo selbstverständlich das reichlichere oder geringere Füllen des Beckens eine bedeutende Rolle für den ganzen Kreislauf, sowohl als auch für alles, was damit in Verbindung steht, spielt.

Schwankungen in der Luft-Temperatur über dem Atlantischen Ozean.

Wegen der Schwierigkeiten, mit denen es verbunden ist, genaue Temperaturen der Luft zu messen, müssen wir erwarten, daß in den Luft-Temperaturen unseres Beobachtungsstoffs sich viele Zufälligkeiten und

Unregelmäßigkeiten geltend machen. Es war deshalb im voraus anzunehmen, daß unsere Temperaturwerte was die Luft anlangt, den wirklichen Verhältnissen nicht besonders gut entsprechen würden. Nichtsdestoweniger scheinen unsere Mittelwerte, sogar auch für die Zweigrad-Felder, ganz gut zu passen. Wir haben keine Kurven für die Luft-Temperatur der einzelnen Felder gezeichnet, aber die Kurven für die Differenz zwischen der Oberflächen-Temperatur und der Luft-Temperatur in jedem Zweigrad-Feld (siehe Fig. 44—46). Wären die Luft-Temperaturen nicht einigermaßen zuverlässig gewesen, so hätten diese Kurven nicht gegen seitige Übereinstimmung aufweisen können. Wir finden aber eine merkwürdig große Ähnlichkeit zwischen ihnen, und wir sehen, daß sie, ähnlich den Kurven für die Oberflächen-Temperatur, sich gradweise verändern, je mehr wir von den Feldern am weitesten im Osten aus nach Westen kommen. Aber westlich von 44° und 46° W-Lg. fangen sie an, ebenso wie die Kurven für die Oberflächen-Temperatur, immer unregelmäßiger zu werden und geringere gegenseitige Übereinstimmung zu zeigen, was selbstverständlich auch nicht anders zu erwarten war.

Da diese Kurven immerhin so große gegenseitige Übereinstimmung aufweisen, wenigstens im östlichen Teil des Meeres, ist es klar, daß wir, davon ausgehen können, daß auch unsere Werte für die Luft-Temperatur in den verschiedenen Feldern einigermaßen den wirklichen Verhältnissen entsprechen dürften, und das sollte noch mehr der Fall sein, wenn wir sie zu Mittelwerten für unsere 10-Längengrad-Felder zusammenfassen (vgl. Tafeln XLII—XLV, Kurven L).

In den Durchschnittswerten für grössere Gebiete (Kurven W und L in Fig. 48) zeigen die Schwankungen der Luft-Temperatur und der Oberflächen-Temperatur ganz gute Übereinstimmung, und zwar so daß die Schwankungen der Luft-Temperatur bedeutend größer als die der Oberflächen-Temperatur sind. Dies ist besonders im Februar in den mittleren Gebieten des Meeres der Fall, wie aus Fig. 49 deutlich hervorgeht. Auf Tafel XLII bis XLV haben wir die Kurven für die Temperatur der Luft (L) und des Wassers (W) für die einzelnen 10-Längengrad-Felder eingeführt. Wir finden dort besonders im Februar dieselbe Neigung zu bedeutend größeren Schwankungen (mit den Maxima und Minima stärker entwickelt) in der Luft-Temperatur als in der Oberflächen-Temperatur. Doch giebt es hiervon viele Ausnahmen in den zwei östlichsten wie auch in den zwei westlichsten Feldern.

Es bestehen indessen gewiße merkwürdige Unstimmigkeiten zwischen den Kurven für die Luft-Temperatur und den Kurven für die Oberflächen-Temperatur. So kann man z. B. darauf hinweisen, daß die Februarkurve

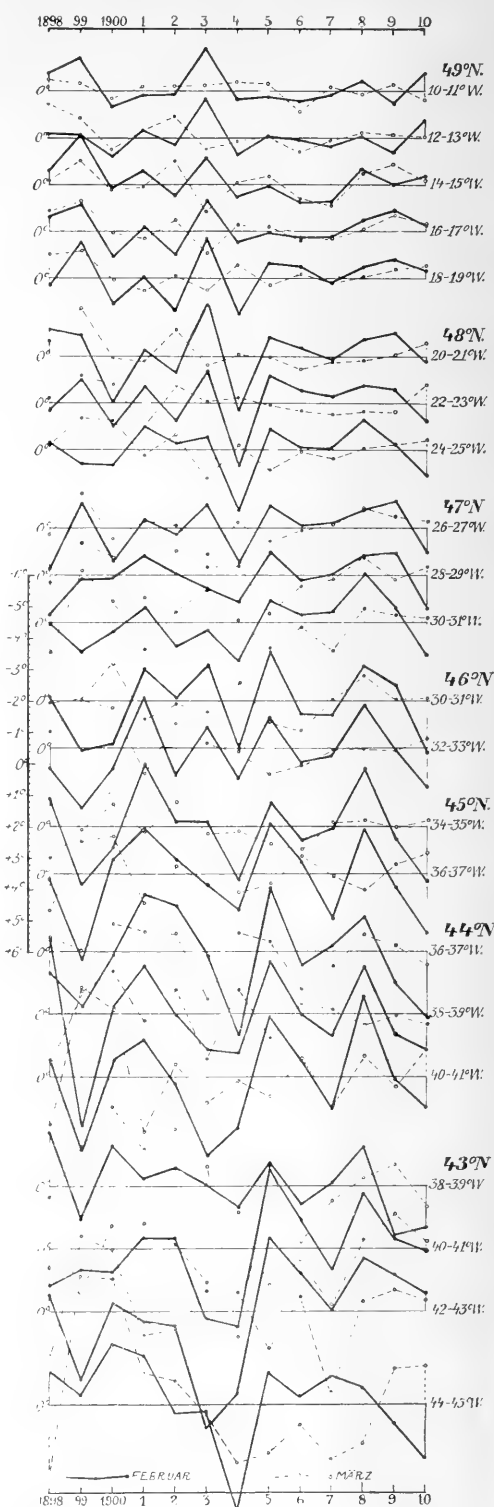
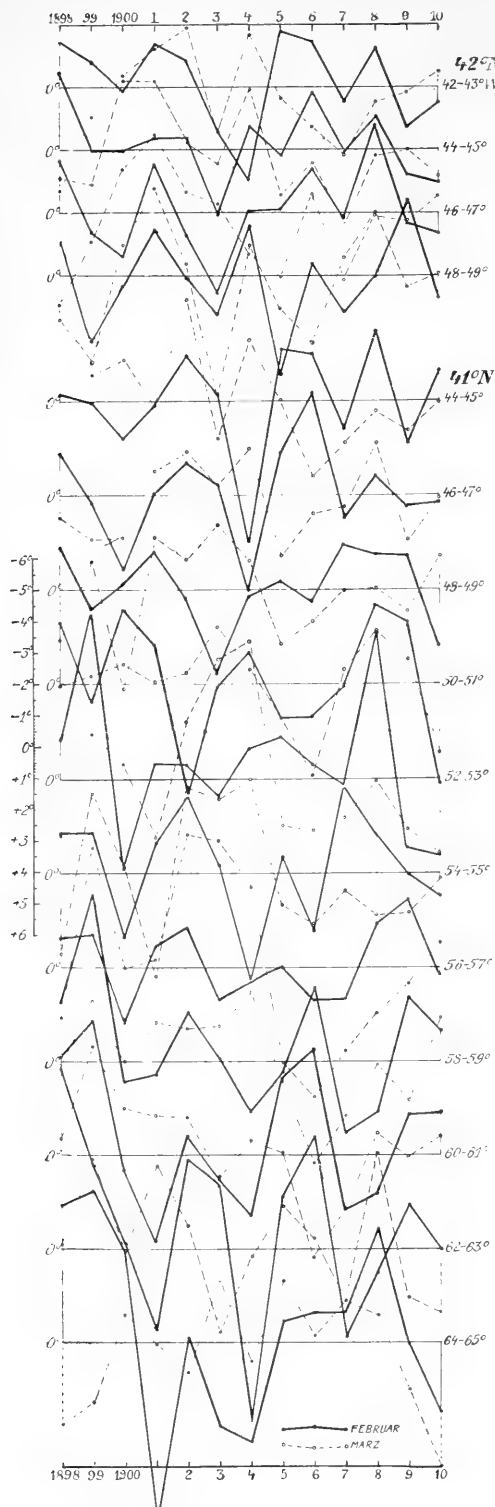


Fig. 44 u. 45. Anomalien für Oberflächen-Temperatur minus Luft-Temperatur für die Zweigrad Felder längs der Route: Kanal—New-York.

für die Luft-Temperatur im Mittel für alle unsere Felder längs der Route: Kanal—New-York (Fig. 48) und ebenso in den Mittelwerten für die mittleren Felder (Fig. 49) ein sekundäres Minimum im Jahre 1907 seigen, von dem man in den Kurven für die Oberflächen-Temperatur keine Andeutung findet. In einigen der Kurven für die Felder im Gebiet: Portugal—Azoren sehen wir ja doch auch eine Andeutung zu einem ähnliche sekundären Minimum in den Kurven der Luft-Temperaturen (vgl. Fig. 52). Da es in so vielen Kurven für verschiedene Felder vorkommt, besonders für die 10-Längengrad-Felder 30° bis 50° W-Lg. in der Route: Kanal—New-York, so können wir nicht glauben, daß diese Depression auf irgendwelchem Zufall oder auf einer Ungenauigkeit in den Beobachtungen beruhen kann, sondern müssen annehmen, daß sie wirklich besteht.

Die März-April-Kurve für die Luft-Temperatur für den Durchschnitt der Felder an der Route: Kanal—New-York, Fig. 48, oder für die 4 mittleren 10-Längengrad-Felder, Fig. 49, weisen ein merkwürdiges Steigen der Temperatur für 1904 auf im Verhältnis zu 1903 und 1905; für die Oberflächen-Temperatur ist nichts Entsprechendes zu erkennen. Da diese merkwürdige Erhöhung der Luft-Temperatur im Jahre 1904 in allen Kurven für

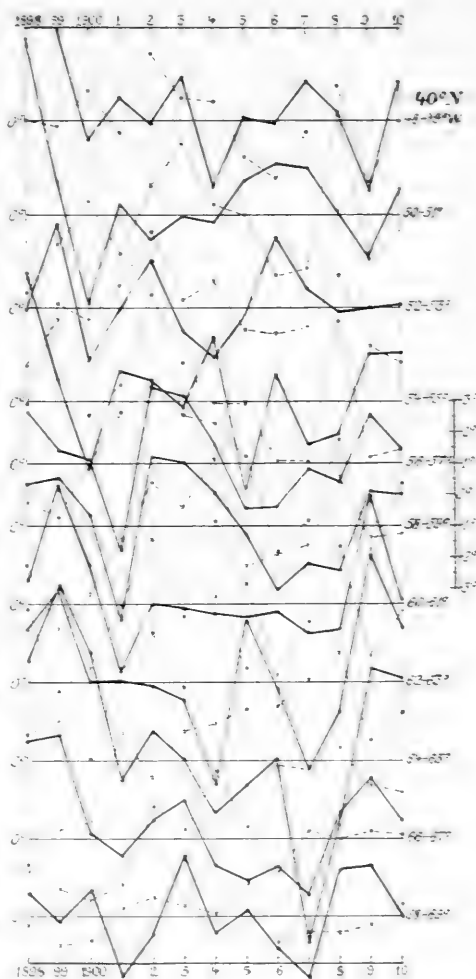


Fig. 46. Fortsetzung der Fig. 45.

die Luft-Temperatur in den 10-Längengrad-Feldern zwischen 20° und 60° W-Lg. wiederkehren, und am stärksten in den mittelsten dieser Felder, dem Felde zwischen 40° und 50° W-Lg. (Taf. XLII), so haben wir es hier offenbar mit einem wirklichen Verhältnis zu tun und nicht etwa mit bloßen Zufälligkeiten in unseren Beobachtungen. Es giebt auch noch eine Reihe anderer derartiger Einzelheiten von Unstimmigkeiten zwischen Luft-

Temperaturen und Oberflächen-Temperaturen, auf die wir später zurückkommen werden.

Mögliche Ursachen zu den Schwankungen in der Temperatur der Meeresfläche und der Luft.

Was können nun die Ursachen zu diesen merkwürdigen und zum Teil großen Schwankungen in der Temperatur der Oberfläche und der Luft in den verschiedenen Teilen des Meeres sein? Bei dieser Frage meldet sich eine ganze Reihe von Möglichkeiten, an die man sofort denken muß.

Derartige Temperaturschwankungen könnten ja durch *Schwankungen in der Temperatur der Wassermassen* selbst entstehen, die von der Golfstromtrift und anderen Strömungen befördert werden. In diesem Falle müßte man vorwärtsschreitende Schwankungen spüren können, und zwar von Stelle zu Stelle durch die Beförderung der Wassermassen selbst.

Schwankungen in der Temperatur der Meeresoberfläche und der Luft lassen sich weiterhin als hervorgerufen durch Schwankungen in der *Stärke und Richtung der Winde* denken. Dies kann auf verschiedene Weisen wirken: teils dadurch, daß die Winde wärmere oder kältere Luftmassen mit sich führen, die ihrerseits wieder die Meeresoberfläche erwärmen oder abkühlen, — teils durch den Wellenschlag auf dem Meere, der die oberen Wasserschichten umrührt und das darunterliegende tiefere Wasser an die Oberfläche emporhebt, wodurch diese meistens kälter wird, — schließlich durch Verschiebung der Oberflächenschichten, wodurch einem Beobachtungsfeld entweder wärmere oder kältere Wasserschichten zugeführt werden können.

Es läßt sich ebenso denken, daß Schwankungen in der Temperatur der Meeresoberfläche und der Atmosphäre auf Schwankungen in der *Intensität der Sonnenstrahlung* an der Erdoberfläche beruhen kann. Derartige Schwankungen könnten z. B. auch durch größere oder geringere *Wolkenbildung* hervorgerufen werden. Die Wolkenbildung wird im allgemeinen im Sommer die Temperatur erniedrigen und im Winter erhöhen wegen ihr Einfluß auf die Sonnenstrahlung und die Ausstrahlung von der Erde. Aber die Ursache zu dem Wechsel in der Sonnenstrahlung kann auch höher in der Atmosphäre liegen und auf wechselnde Mengen von *vulkanischem Staub* zurückzuführen sein, der durch vulkanische Ausbrüche in die Atmosphäre emporgeschleudert wird und sich in höheren Luftschichten lange Zeit schwebend erhalten kann.

Die Temperaturschwankungen können auch durch *Änderungen der Ausstrahlung* wegen Absorptionsänderungen (durch Kohlensäure, Ozon o. dgl.) hervorgerufen werden.

Aber die Temperatur-Schwankungen können auch *kosmische Ursachen* haben sie können z. B. auf *periodischen und unperiodischen Veränderungen in der Energiestrahlung der Sonne*, die unsre Erdatmosphäre erreicht, beruhen. Solche Veränderungen können unmittelbar Schwankungen in der Temperatur an der Erdoberfläche hervorrufen (im Meere und in der Luft), oder auch mittelbar dadurch, daß die Schwankungen in der Sonnentätigkeit verschiedener Art die Atmosphäre der Erde beeinflussen können, z. B. sich in Veränderungen in den thermischen Verhältnissen der höheren Luftschichten, in dem luftelektrischen Potential, im Erdmagnetismus und in den Erdströmen äußern. Diese Veränderungen in der Atmosphäre können wiederum in verschiedener Weise, u. a. der Veränderung in der Luftdruckverteilung, in der Wolkenbildung usw. die Verteilung der Temperatur an der Erdoberfläche beeinflussen.

VI. Schwankungen in den einzelnen Feldern infolge der Wasserbeförderung durch die Felder hindurch.

Von den möglichen Ursachen zu Schwankungen in der Temperatur des Meeres wollen wir zuerst untersuchen, in wie weit die von uns beobachteten Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur in den verschiedenen Feldern sich durch Veränderungen in der Wärmemenge erklären lassen. Es ließe sich dabei denken, daß diese Veränderungen teils von unmittelbaren Schwankungen in der Geschwindigkeit und dem Volumen des Golfstroms (Floridastroms) und des Antillenstroms herrühren (die wieder deren Temperatur beeinflussen werden) und teils mittelbar auf Schwankungen in der Geschwindigkeit und dem Volumen des kalten Labradorstroms beruhen, was wieder dessen Temperatur beeinflussen wird und dadurch auch die Temperatur des Golfstroms, da die kalten Wassermassen diesem zugemischt werden.

Die niedrigen Oberflächen-Temperaturen in den Jahren 1903 und 1904.

Um diese schwierige Frage ins reine zu bringen, kann es am einfachsten erscheinen, einen der großen Züge in unseren Schwankungen zu verfolgen und zu diesem Zweck den augenfälligsten zu wählen, nämlich das große Minimum im Jahre 1904. Wie bereits erwähnt, ist dieses Minimum am kleinsten in den östlichen Feldern und nimmt westwärts stark zu. Diese Steigerung kann am wahrscheinlichsten davon herrühren,

daß die Isothermen in den westlichen Strichen dichter zusammenliegen. Es ließe sich aber ebenfalls denken, daß sie dadurch verursacht wird, daß wir im Westen dem Aktionsmittelpunkt näher kommen, von dem diese Depression ausgegangen ist. Diese Vermutung könnte anscheinend dadurch bestärkt werden, daß das Minimum gegen den 40.0° W-Lg. hin und bis zum 50.0° W-Lg., und mehr, teilweise von 1904 in das vorhergehende Jahr 1903 übergeht. Dies sieht man in unseren Februar-Kurven, aber noch stärker ausgeprägt in den März-April-Kurven (siehe Fig. 16—18).

Da der »Kalte Keil« vom Labradorstrom gerade in den Gegen von 48° und 50° W-Lg. gegen Süden in die Wassermassen des Golfstroms hineinschießt (Fig. 5 und 6), so könnte anscheinend der Schluß nahe liegen, daß der Gebiet zwischen 40° und 50° W-Lg. das Aktionszentrum gewesen ist für unser Minimum wo dieses sich zuerst bemerkbar gemacht hat, und zwar dadurch, daß der Labradorstrom schon im Februar 1903 und noch mehr im März 1903 ungewöhnlich viel kaltes Wasser südwärts geführt hat, das die Wassermassen des Golfstroms abgekühlt hat. Von hier aus hat dann das kalte Wasser im Laufe des Jahres 1903 sich gradweise nach Osten im Meer ausgebreitet; und da die Zufuhr von kaltem Wasser durch den Labradorstrom sich gesteigert hat, so hat dieses den ganzen Atlantischen Ozean im Februar 1904 vollständig beherrscht. Daß das niedrige Minimum sich gradweise auch nach Westen von 50° W-Lg. aus in den Wassermassen des Golfstroms hat ausbreiten können, ließe sich vielleicht daraus erklären, daß das kalte Wasser des Labradorstroms gradweise mit der Küstenströmung sich längs der Südküste von Neufundland sowie längs der Südwestküste von Nova Scotia im Jahre 1903 und weiter noch im Jahre 1904 ausgebreitet hat. Dieses kalte Wasser hat sich dann allmählich westwärts mit den Wassermassen des Golfstroms weiter draußen im offenen Meere vermischt.

Untersuchen wir nun, ob sich Anzeichen dafür finden, daß der Labradorstrom wirklich ungewöhnlich viel kaltes Wasser im Jahre 1903 geführt hat, so finden wir ja, wie bereits erwähnt, daß gerade in diesem Jahre ein ungewöhnlicher Reichtum an Eis bei der Neufundlandbank herrschte, was wieder eine abnorme Entwicklung des Labradorstroms andeuten könnte, wie von Scott hervorgehoben, worden ist (siehe oben Seiten 35ff.).

Dies könnte ja in hohem Grad die Richtigkeit der oben angedeuteten Erklärung zu bekräftigen scheinen, und Schott kam ja auch zu dem Schluß, daß die Wassermassen des Golfstroms im Jahre 1903 durch den vermehrten Labradorstrom ungewöhnlich angekühlt worden waren, und dadurch dieser allmählich im Laufe des Jahres die Oberfläche des

ganzen Atlantischen Ozeans ostwärts bis dicht an die Küsten von Europa abgekühlt hatte.

Wie oben angedeutet, können wir indeßen der von Schott gegebenen Erklärung nicht beipflichten, daß die Vermehrung des Labradorstroms durch eine von ihm angenommene starke Steigerung der Geschwindigkeit des Golfstroms, die zu Anfang des Jahres 1903 vorausging, hervorgerufen worden sei. Unsere Temperaturen in der Meeresoberfläche schon im Februar lassen nicht die geringste Andeutung zu einer Steigerung des Golfstroms erkennen, außer daß dies im aller westlichsten 10-Längengrad-Feld zwischen 60° und 70° W-Lg. an der Küste von Amerika der Fall gewesen sein sollte (siehe Fig. 20). In den Feldern weiter westwärts, gerade im Gebiet des Labradorstroms, ist die Oberflächen-Temperatur schon im Februar 1903 ungewöhnlich niedrig. Wir haben hier ein absolutes Minimum im Frühjahr des genannten Jahres, im Februar und noch mehr im März-April, und zwar gerade in dem Feld zwischen 50° und 60° W-Lg. (siehe Fig. 20 und Tafel XXVI und XXVII).

Im Bezug auf das Vermögen des Labradorstroms die Wassermassen des Golfstroms abzukühlen, muß man natürlich — wie auch vom MEINARDUS [1904] hervorgehoben — in Betracht ziehen, daß der größte Teil der Wassermassen des Labradorstroms infolge seiner niedrigen Temperatur und trotz seines geringeren Salzgehalts schwerer als die Wassermassen des Golfstroms ist, weshalb er geneigt sein wird unter diese herabzusinken, und demnach stärkere Neigung haben wird, den Golfstrom an seiner unteren Seite abzukühlen. Aber es ist trotzdem wahrscheinlich, daß durch den entstandenen Mischungsprozeß, auch die höheren Schichten in einigem Grade abgekühlt werden. Man muß sich indessen vor Augen halten, daß der Labradorstrom ein Oberflächenstrom ist, dessen Tiefe nicht groß ist, und das Volumen der Wassermassen, die er führt, ist verhältnismäßig klein. Man darf deshalb diesem verhältnismäßig kleinen Strome kein allzu übertriebenes Vermögen beilegen, den Atlantischen Ozean abzukühlen, wie es oft getan wird. Etwas ganz anderes ist es dagegen, daß das Wasser des Atlantischen Ozeans im Norden kälter ist als weiter südlich, und daß Sinken der Temperatur innerhalb eines Gebiets entstehen muß, wo diese kälteren, nördlicheren Wassermassen aus dem einen oder anderen Gründen noch Süden verschoben werden.

Es ist klar, daß die vom Labradorstrom geführten Eismassen, Treibeis und Eisberge, die weit hinab nach Süden getrieben werden können, durch ihre Schmelzung besonders die oberen Wasserschichten des Meeres abkühlen müssen. Indessen darf man dabei nicht vergessen, daß die Wärmemengen, die durch diese Eisschmelzung gebunden werden können,

verschwindend klein sind, verglichen mit den Wärmengen, die von den Wassermassen der Atlantischen Meeresströme, die hier in Betracht kommen, geführt werden.

Sehen wir uns nun näher an, was unser eignes Beobachtungsmaterial uns möglicherweise über eine solche Wasserbeförderung, wie hier angenommen, erzählen könnte, so müßten wir nach den Kurven für unsere 10-Längengrad-Felder Fig. 20, zu dem Schluß gelangen, daß das Wasser schon im Februar zwischen 50° und 60° W-Lg. ungewöhnlich kalt war, und ebenso auch in den östlicheren Feldern zwischen 50° und 30° W-Lg. So weit im Osten wie zwischen 20° und 30° W-Lg. war die Oberflächen-Temperatur schon im Februar unter dem Normalen (siehe Tafel XXVI). Dagegen am weitesten im Osten, zwischen 10° und 20° W-Lg. hatte sich diese Abkühlung noch nicht geltend gemacht. In unserer letzten Dekadengruppe, März-April, in 1903 war die Oberflächen-Temperatur weiter abgekühlt im Feld zwischen 50° und 60° W-Lg., und diese Abkühlung von Februar bis März-April machte sich durch alle Felder hindurch ostwärts geltend (siehe Fig. 20 und Tafel XXVII) und sollte, wenn wir nach unseren Kurven urteilen dürfen, sich während des ganzen Jahres fortgepflanzt haben, so daß die Oberflächen-Temperatur im Februar 1904 bedeutend kälter war, als im Februar und März-April 1903 in allen unseren 10-Längengrad-Felder zwischen 50° und 10° W-Lg., dagegen aber nicht in dem Feld zwischen 50° und 60° W-Lg. (siehe Fig. 20). Im März-April 1904 beginnt die Oberflächen-Temperatur zu steigen, besonders im Feld zwischen 40° und 50° W-Lg., und diese Steigerung macht sich auch in allen Feldern ostwärts geltend. Wir sollten also jetzt den kältesten Teil des durch das kalte Wasser zugeführte Minimum überschritten haben.

Betrachten wir nun die Ausbreitung der Anomalien in den einzelnen Dekaden, von Dekade zu Dekade, so wie wir es in unserem Isoplethen-Diagramm auf Tafel XXVII (unten) dargestellt haben, dann können wir möglicherweise auch hier eine Andeutung davon finden, daß im Meere östlich von 50° W-Lg. eine gewisse Verschiebung nach Osten hin in den größeren oder kleineren Anomalien von Dekade zu Dekade vor sich geht; aber diese Verschiebung ist nicht ausgeprägt und ist sehr unregelmäßig, welches letztere jedoch teilweise auf Ungenauigkeiten im Material beruhen kann.

Verhältnis zwischen Oberflächen-Temperatur und Luft-Temperatur.

Einen Aufschluß darüber, ob eine Schwankung, wie die hier untersuchte, von Veränderungen in der Temperatur in den von der Strömung beförderten Wassermassen herrührt, oder ob sie auf anderen Ursachen

beruht, müssen wir aus dem Verhältnis zwischender Temperatur der Luft und der Temperatur der Meeresoberfläche erhalten können. Da, wie wir gesehen haben, der Gang in den Schwankungen in der Temperatur der Luft und der Meeresoberfläche wenigstens im großen ganzen in der gleichen Richtung erfolgt, so müßte man erwarten, daß, wenn die Schwankungen in der Temperatur der Meeresoberfläche die primären wären, diese zeitlich den Schwankungen in der Temperatur der Luft vorausgehen und diese letzteren erst hervorrufen.

Da die Temperatur der Luft durchgehends niedriger ist, als die der Meeresoberfläche, müßte in diesem Falle durch Zufuhr kälterer Wassermassen durch den Strom die Temperatur der Meeresoberfläche sich mehr der Temperatur der Luft nähern, und die Differenz zwischen ihnen aus demselben Grunde geringer werden, als normal. Wenn die Temperatur der Meeresoberfläche infolge der Beförderung von wärmeren Wassermassen durch den Strom stiege, müßte die Temperatur der Meeresoberfläche sich von der Temperatur der Luft entfernen, und die Differenz zwischen ihnen größer als normal werden. Dies ist indeß nicht durchgehends der Fall, eher kann man sagen, daß es sich umgekehrt verhält, wie man aus unseren Figuren Tafel XLII—XLV, den Kurven W und L sowie W—L, ersehen wird (siehe auch Fig. 48—52.)

Wir wollen nun sehen, wie es sich in dieser Hinsicht mit unserem speziellen Minimum im Jahre 1903 und 1904 verhält.

Im Felde 50^0 — 59^0 W-Lg. ist im Februar 1903 die Differenz: Oberflächen-Temperatur minus Lufttemperatur, beinahe normal, wie aus Tafel XLII ersichtlich ist. Im März-April 1903 ist die Differenz bedeutend geringer als normal (siehe Tafel XLII). Im Februar 1904 ist die Differenz ein wenig größer als normal, aber im März-April 1904 ist sie wieder bedeutend geringer als normal. Hier könnte es also im großen ganzen so aussehen, als ob die Möglichkeit dafür, daß die Schwankungen in der Temperatur auf den vom Strom geführten Wassermassen beruhten, nicht ausgeschlossen ist.

Im Felde 40^0 — 49^0 W-Lg. (Tafel XLII) war im Februar 1903 die Temperatur der Luft mehr als doppelt so viel unter dem Normalen, wie die Oberflächen-Temperatur des Meeres unter ihrem Normalwert für den Monat war. Im März-April 1903 war die Luft-Temperatur etwas niedriger unter dem Normalen als die Oberflächen-Temperatur. Im Februar 1904 war die Differenz zwischen Oberflächen-Temperatur und Luft-Temperatur nicht so groß, wie im Februar 1903, aber doch etwas größer als im März-April 1903. In allen drei Monaten war sie größer als normalerweise. Im März-April 1904 war dagegen die Differenz zwischen Oberflächen-Temperatur und Luft-Temperatur geringer als normal. In diesem Feld können wir demnach nicht sagen, daß die Verhältnisse darauf hindeuten, daß die Temperatur-Schwankungen in erster Linie auf Schwankungen in der Temperatur der Wassermassen des Stroms beruhen.

Im Feld 30^0 — 39^0 W-Lg. (Tafel XLIII) war im Februar 1903 die Differenz zwischen Oberflächen-Temperatur und Luft-Temperatur normal, im März-April 1903 war sie etwas größer als normal, im Februar 1904 war

sie bedeutend größer als normal; dahingegen war sie im März-April 1904 geringer als normal.

Im Feld $20^{\circ} - 29^{\circ}$ W.-Lg. (Tafel XLIII) war im Februar 1903 die Differenz zwischen Oberflächen-Temperatur und Luft-Temperatur geringer als normal, im März-April 1903 etwas größer als normal, im Februar 1904 bedeutend größer als normal, im März-April etwas geringer als normal. Wir haben hier also denselben Verlauf wie in dem 10-Längengrad-Felde $30^{\circ} - 39^{\circ}$ W.-Lg., und das scheint kaum zu Gunsten dafür zu sprechen, daß Veränderungen in der Temperatur der Wassermassen des Stroms das Primäre in diesen Schwankungen sind.

Im Feld $10^{\circ} - 19^{\circ}$ W.-Lg. (Tafel XLIII) war im Februar 1903 die Differenz zwischen Oberflächen-Temperatur und Luft-Temperatur bedeutend geringer als normal; aber hier bestand ein sekundäres Maximum in der Oberflächen-Temperatur. Im März-April 1903 war die Differenz zwischen Oberflächen-Temperatur und Luft-Temperatur größer als normal. Im Februar 1904 war sie größer und im März-April etwas geringer als normal. Bei diesem Feld sollten wir also sagen können, daß wenigstens die Februar-Kurven darauf hindeuten, daß die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur und der Luft-Temperatur nicht primär auf der Temperaturschwankung in den von dem Strom geführten Wassermassen beruhen.

Betrachten wir nunmehr das Verhältnis zwischen Oberflächen Temperatur und Luft-Temperatur in allen von uns untersuchten Feldern zusammen im ganzen, wie es auf Fig. 48 und Fig. 49 dargestellt ist, so müssen wir sagen, daß sich kaum etwas finden läßt, was *bestimmt* darauf hindeutet, daß die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur das Primäre sind, und auf Temperaturschwankungen in den vom Strom geführten Wassermassen beruhen. Eher kann es den Anschein haben, als ob die Schwankungen in der Luft-Temperatur den Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur vorausgegangen wären, da sie — wie oben erwähnt — meistens bedeutend größer sind als diese, sei es nun in Gestalt von Plus Anomalien oder in Gestalt von Minus-Anomalien. Von diesem Verhältnis erhält man vielleicht einen noch klareren Eindruck durch Studium der Kurven der südlicheren Felder, besonders zwischen 41° und 45° N.-Br. auf Tafel XLIV und XLV (siehe auch Fig. 50—52).

Wir erhalten also auf diese Weise keine endgültige Antwort auf die Frage, ob das ausgeprägte Minimum in den Jahren 1903 und 1904 auf einer Beförderung von kaltem Wasser beruht oder nicht.

Temperatur-Schwankungen in den Dekaden auf unseren Isoplethen-Diagrammen.

Betrachten wir nun die Schwankungen in den anderen Jahren, so muß es naheliegen, zuerst zu untersuchen, ob unsere Isoplethen-Diagramme für die Dekaden (Tafel XVII, XIX usw.—XLI unten) uns etwas darüber erzählen können, ob diese Schwankungen auf der Beförderung vom kalten und warmen Wassermassen beruhen. Wir müssen indeßen dabei berücksichtigen, daß wohl nur Schwankungen mit kurzen Perioden in Form einer wirklichen Verschiebung in so wenigen (sieben) Dekaden, wie unsere Diagramme umfassen, zum Vorschein kommen dürften. Schwankungen mit längeren Perioden werden sich selbstverständlich einigermaßen gleichförmig über alle sieben Dekaden verbreiten, und nur bei Beginn und Schluß dieser Schwankungen läßt sich erwarten, daß eine Verschiebung in unseren Isoplethen-Diagrammen zum Ausdruck kommen könnte. Aber

noch ein anderes Verhältnis von vielleicht noch größerer Bedeutung spielt hier mit herein, das man sich vor Augen halten muß: Sollten Schwankungen, die durch Beförderung von kälteren oder wärmeren Wassermassen hervorgerufen sind, in unseren Isoplethen-Diagrammen sich in Form einer gradweisen Verschiebung von links nach rechts (d. h. von Westen nach Osten) von Dekade zu Dekade zeigen, so setzt dies voraus, daß der Strom sich in östlicher Richtung längs des Striches für unsere Untersuchungen bewegt. Geht er quer zu diesem Strich, oder schneidet er ihn, dann kann keine deutliche Verschiebung in den Diagrammen zum Vorschein kommen. Es verhält sich indeßen, wie bereits hervorgehoben, so, daß wir annehmen müssen, der Strom schneidet, wenigstens an mehreren Stellen, unsere Route Kanal—New-York und geht nicht längs derselben. Die Isoplethen-Diagramme für die Dekaden können dann aber, wie anzunehmen ist, auch im großen ganzen nicht eine ausgeprägte Neigung zur Verschiebung der Anomalien von Dekade zu Dekade aufweisen. In einzelnen Jahren, wie z. B. im Jahre 1910, tritt in der zweiten und dritten Dekade eine Minus-Anomalie auf, die sich über einen größeren Teil des untersuchten Gebiets ausbreitet, aber dann plötzlich aufhört; in der fünften Dekade z. B. besteht wieder eine ausgeprägte Plus-Anomalie über dem ganzen Gebiet. Eine derartige Schwankung kann kaum von der Beförderung kaltes Wassers herrühren, falls es nicht ein wanderndes Minimum sehr kurzem Dauer sei, sondern muß wohl eher auf anderen Einwirkungen beruhen, die nur in der zweiten und dritten Dekade geherrscht haben. Im Jahre 1905 z. B. besteht in der ersten bis dritten Dekade eine ausgeprägte Plus-Anomalie über einem größeren Teil des Gebietes, die jedoch bei der vierten und fünften Dekade wieder aufhört, wo dann wieder Minus-Anomalien fast über dem ganzen Gebiet auftreten. Auch hier kann es sich nicht um eine Beförderung von warmem Wasser in den ersten Dekaden handeln, die dann aufgehört hat, denn in diesem Falle müßte ja dieses warme Wasser sich irgendwo in den späteren Dekaden wiederfinden lassen müssen; es sei denn daß der Strom mehr oder weniger quer zum Gebiete verlief, und der Zeitraum des Wassers so kurz gewesen wäre, daß all dieses warme Wasser zwischen der dritten und fünften Dekade in jedem Felde verschwunden wäre. Aber eine solche Annahme ist wohl kaum wahrscheinlich.

Mögliche Andeutung zu Temperatur Schwankungen in den durch die Strömung beförderten Wassermassen.

Eine mögliche Andeutung dazu, daß einige der Schwankungen wirklich von der Beförderung von Wassermassen mit verschiedener Temperatur herrühren können, finden wir durch einen Vergleich der Temperatur-Kurven

für die verschiedenen 10-Längengrad-Felder aus der südwestlichen Ecke des Portugal—Azoren-Gebietes und nord-nordostwärts bis zu dem östlichsten Feld in der Route Kanal—New-York. Auf Fig. 47 sind zusammengestellt: das Mittel der Temperatur-Kurven für die zwei südwestlichsten 10-Längengrad-Felder im Portugal—Azoren-Gebiet, die Felder zwischen 37° und 39° N.Br. und zwischen 20° und 40° W-Lg., und ferner in derselben Weise das Mittel der Temperaturkurven für die zwei nördlich davon liegenden 10-Längengrad-Felder zwischen 39° und 41° N.Br. und zwischen 20° und 40° W-Lg. Außerdem sind weiter noch hier zusammengestellt: die Temperaturkurven für jedes der beiden nördlichsten Felder des Portugal—Azoren-Gebietes zwischen 20° und 30° W-Lg. und

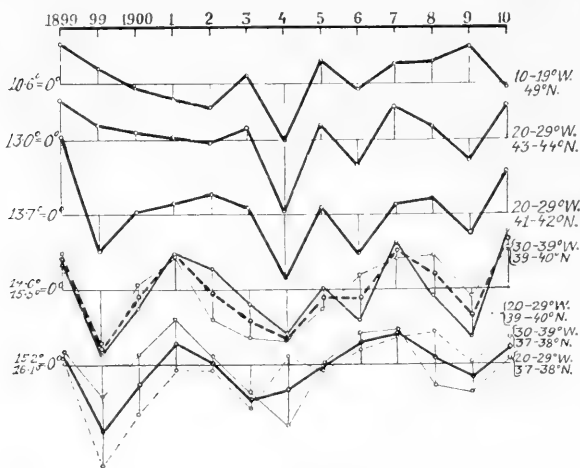


Fig. 47. Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur in Februar in den rechts angegebenen Feldern.

schließlich auch für das östlichste Feld zwischen 10° und 20° W-Lg. der Route Kanal—New-York. Wie man sieht, besteht eine gleichmäßige Entwicklung in diesen Kurven von SSW. nach NNO.; während die Kurven zu beiden Seiten dieses Strichs, sowohl gegen NW. wie gegen SO., eine ganz verschiedene Natur haben.

Der Schluß erscheint deshalb natürlich, daß im Portugal—Azoren-Gebiet von der südwestlichsten Ecke aus Wassermassen von verschiedener Temperatur in der Richtung nach NNO. befördert werden, und es besteht demnach infolge dieser Beförderung ein ununterbrochener Zusammenhang zwischen diesen Feldern. Dies sollte also ebenfalls darauf hindeuten, daß, wie früher erwähnt, der Strom oft mehr quer zu unserem Beobachtungsgebiet gehen kann, als längs desselben, und die Beförderung in west—östlicher Richtung innerhalb unseren Feldern wird demnach verhältnismäßig gering, und wenig nachweisbar in unseren Beobachtungsreihen und Isoplethen-Diagrammen sein.

Nach diesen Ausführungen erscheint es, daß die Inseln oder Bänder, die sich in den Dekaden-Isoplethen vorfinden (vgl. z. B. 1910, Tafel XLI) vielleicht auf der Wanderung begriffene Minima oder Maxima sein kön-

nen, aber mehr wahrscheinlich beruhen sie auf besonderen Windverhältnissen (oder anderen örtlichen Umständen), die man auf Dekaden-Karten über die Luftdruck- und Windverteilung studieren muß.

Beweise gegen die Annahme, dass die beobachteten Temperatur-Schwankungen wesentlich durch Schwankungen in den Wassermassen des Stroms erzeugt werden.

Gegen die Annahme: daß die Schwankungen in den Oberflächen-Temperaturen des Nord-Atlantischen Ozeans wesentlich von der Beförderung kälterer oder wärmerer Wassermassen mit der Golfstromtrift herrühren, — spricht auch das S. 73—80 erörterte Verhältnis: wann die Oberflächen-Temperatur im Februar im mittleren Teil des Nord-Atlantischen Ozeans (30° — 39° W-Lg.) im Vergleich zu dessen östlichem Teil (10° — 19° W-Lg.) niedrig ist, dann ist die Oberflächen-Temperatur an der Küste von Europa (nahe dem Kanal) hoch, ebenso wie die Luft-Temperatur über der Nordwestküste von Europa (Hamburg) und der Jahres-Wasserstand in der Nordsee und in der Ostsee. Ist dagegen die Oberflächen-Temperatur im mittleren Teil des Nord-Atlantischen Ozeans hoch im Verhältnis zu dessen östlichem Teil, so ist es umgekehrt. Es müssen offenbar andere Ursachen hereinspielen, die diese Schwankungen hervorrufen können, worauf wir später zurückkommen werden.

Gegen die Annahme, daß das Minimum in den Jahren 1903 und 1904 allein auf der Beförderung von kaltem Wasser mit der Golfstromtrift beruhen sollte, spricht der Umstand, daß dieses Minimum, besonders im Jahre 1904, über so große Teile der Erde verbreitet war. In erster Linie finden wir es über dem ganzen von uns untersuchten Gebiet im Atlantischen Ozean, und wir finden es noch viel weiter südlich gegen den Äquator hin in den holländischen Feldern (Tafel XV, Felder 19 und 20), wo ein Minimum besteht, das unserem vollständig entspricht, und das auch in der Jahres-Temperatur hervortritt (siehe Fig. 39 und Tafel XXVIII). In den westlichen dänischen Feldern nördlich von 50° N-Br. (Fig. 33), wie auch am Äquator (zwischen 0° und 1° N-Br., 29° und 32° W-Lg. siehe später), finden wir dasselbe Minimum in der Jahres-Temperatur (Fig. 60, Kurve 1 \times b).

Im Indischen Ozean scheint ebenfalls ein Minimum im Februar im Jahre 1904 zu bestehen, wenn wir nach dem holländischen innerhalb 10-Grad-Quadraten gesammelten Material urteilen dürfen (vgl. Fig. 62, Kurve VIII).

Aber nicht nur im Meere haben wir ein Minimum im Februar, März-April und im ganzen Jahre 1904. Auch in der Atmosphäre zeigt sich über großen Strecken ein Minimum, besonders in den tropischen Gegenden,

aber auch in der durchschnittlichen Jahrestemperatur der ganzen Erde, (vgl. Fig. 60), wie später ausgeführt werden soll. Wir müssen deshalb glauben, daß wir hier einer mehr allgemeinen Ursache gegenüberstehen; denn es kann sich unmöglich bloß um eine örtliche Beförderung von verhältnismäßig kaltem Wasser durch den Atlantischen Ozean handeln.

VII. Das Verhältniß zwischen der Temperatur und der Luftdruckverteilung über dem Nord-Atlantischen Ozean.

Wen man den Einfluß der Winde auf die Oberflächen-Temperatur im Meere bewerten will, so muß man der Zustand der Oberflächenschichten zu den verschiedenen Jahreszeiten näher betrachten. Auf nördlichen Breiten, wo die Verdunstung geringer ist als der Niederschlag, wird der Salzgehalt im Winter infolge der Vermischung mit den darunterliegenden Schichten durch der Vertikalcirkulation gesteigert, während er im Sommer infolge der Niederschläge, die durch Erwärmung erleichtert an der Oberfläche liegend bleiben, abnimmt und dadurch eine leichtere Schicht bildet. Außerdem wird das Oberflächenwasser in großen Teilen des Meeres durch das Küstenwasser sowohl wie durch das Polarwasser verdünnt. Diese Oberflächenschichten breiten sich über weit größere Gebiete im Sommer als im Winter aus, weil ihr spezifisches Gewicht bedeutend geringer wird, teils durch die vermehrte Verdünnung und teils durch Erwärmung.

Wo indessen die Verdunstung größer ist als der Niederschlag, ist der jährliche Verlauf umgekehrt, höchster Salzgehalt in der Oberfläche im Sommer und niedrigster im Winter.

Wirkung der Winde auf die Oberflächen-Temperaturen.

Wie gestaltet sich nun die Wirkung der Winde auf die Oberflächen-Temperaturen in den verschiedenen Fällen?

Als allgemeine Regel müßte man ja erwarten, daß, wenn die Winde in einem Feld von Gegenden des Meeres her wehen, wo die Oberfläche wärmer ist, sie die Oberflächen-Temperatur im Felde dann zum Steigen bringen werden, und zwar dadurch, daß sie das wärmere Wasser mit sich führen; und wenn sie von Gegenden her mit kälterem Meeresoberfläche wehen, daß sie dann umgekehrt wirken werden. Aber in besonderen Fällen kann es viele Abweichungen von dieser Regel geben.

Ist die See mit einer dünnen Oberflächenschicht bedeckt, die wärmer ist, als das darunter liegende Wasser, so kann ein starker Wind durch Umrühren des Wassers in den oberen Schichten ein Sinken der

Oberflächen-Temperatur herbeiführen, selbst wenn er aus wärmeren Meeresgebieten herkommt. Ist das Meer von einer süßeren Wasserschicht bedeckt, die durch ihren geringen Salzgehalt leichter ist, als das darunterliegende Wasser, und diese Schicht durch Ausstrahlung im Winter kälter geworden ist, als die darunterliegenden Schichten, so kann ein starker Wind durch Umrühren ein Steigen der Oberflächen-Temperatur herbeiführen, selbst wenn er aus kälteren Meeresgebieten herkommt.

Wenn an einer Stelle ein starker Wind entsteht, und dadurch ein starker Oberflächenstrom erzeugt, ohne daß eine entsprechende Steigerung im Strome in der Gegend dahinter entsteht, so wird die gesteigerte Beförderung des Oberflächenwassers zum Teil durch Wasser aus den darunterliegenden Schichten erstattet werden müssen. Sind diese kälter, so wird die Oberflächen-Temperatur dadurch sinken, selbst wenn der Wind aus wärmeren Meeresstrichen herkommt. Dies wird oft der Fall mit plötzlichen und örtlichen Winden sein können, kann aber in Monatsmitteln nur weniger bemerkbar werden.

Die obenerwähnten Ausnahmen von der allgemeinen Regel hinsichtlich der Wirkung des Windes auf die Oberflächen-Temperatur des Meeres werden sich, wie wir erwarten müssen, am wenigsten geltend machen im Nord-Atlantischen Ozean in den Monaten des Jahres, die Gegenstand unserer Untersuchungen sind, da die Oberfläche des Meeres dann am meisten abgekühlt ist, und die Konvektionsströme die größte Homogenität in vertikaler Richtung hervorgerufen haben.

Sobald die Sonne fängt an, die Oberfläche im Frühjahr zu erwärmen, wird dies anders, und es erklärt dann auch, warum wir, wie später besprochen werden soll, die beste Übereinstimmung zwischen den Windverhältnissen und den Schwankungen der Oberflächen-Temperatur gerade im *Februar* finden.

Berechnung von Luftdruck-Gradienten und Wind-Richtung.

Das von MEINARDUS angewandte Verfahren: den Luftdruckunterschied zwischen einigen wenigen ausgewählten Stellen zu untersuchen, genügt nicht um über die mögliche Wirkung der Luftdruckverteilung, und der daraus folgende Winde, auf die gefundenen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Meeres Klarheit zu verschaffen. Zwar erhält man auf diese Weise zum Teil eine Art Maßstab für die Schwankungen in der Stärke des Luftkreislaufs; aber das Verfahren gibt uns nicht die Schwankungen in der Richtung des Kreislaufs in den verschiedenen Gebieten, und gerade das muß für die Art der Wirkung bestimmend sein (vgl. S. 94).

Wir haben gefunden, daß eine Untersuchung der Luftdruckverteilung (und der dadurch bedingten Windverhältnisse) für unsern Zweck sich am leichtesten ausführen läßt mit Hilfe der Monatskarten über die Luftdruckverteilung über dem Atlantischen Ozean, die auf Grundlage der täglichen synoptischen Wetterkarten gezeichnet und von dem dänischen Meteorologischen Institut und der Deutschen Seewarte herausgegeben sind. Von dieser Reihe Veröffentlichungen lagen uns die Jahrgänge 1898 bis 1908 vor. Vor der Drucklegung dieser Arbeit haben wir auch durch das liebenswürdige Entgegenkommen seitens Herrn RYDERS, Direktors des Dänischen Meteorologischen Instituts, Probeabdrücke der Isobaren-Karten für Januar, Februar und März 1909 und 1910 erhalten.

Für jedes unserer 10-Längengrad-Felder im Striche Kanal—New-York wie auch in jedem Feld von 10 Längengraden und zwei Breitengraden im Gebiete Portugal—Azoren haben wir — für die Monate Januar-Februar jedes Jahres (und für den Strich Kanal—New-York auch für den Monat März) — die Durchschnittsrichtung der Isobaren (in der Richtung des Windes nach dem barischen Windgesetz) gemessen. Wir haben ebenfalls einen Ausdruck für die durchschnittliche Größe der Luftdruck-Gradienten erhalten, indem wir den Abstand zwischen den Isobaren gemessen und den reziproken Wert davon genommen haben. Als Einheit haben wir das Tausendfache des reziproken Wertes des Abstandes zwischen den 2-Millimeter-Isobaren gewählt, wobei dieser Abstand auf der Karte in Millimetern gemessen wurde. Wenn z. B. der Abstand zwischen zwei solchen Isobaren 6 mm. betrug, so wurde die Gradientenzahl $1000:6 = 167$. In der Regel haben wir den mittleren Abstand zwischen mehreren Isobaren genommen. Indem wir für jeden Monat progressive Vector-Diagramme konstruiert haben, wo die Richtung der Vektoren für jedes Jahr nach dem Isobarenwinkel gezeichnet ist, und die Größe durch die erwähnte relative Gradientenzahl bestimmt wird, haben wir die durchschnittliche Isobaren-Richtung für jeden der Monate Januar, Februar und März in jedem 10-Längengrad-Felde für die Elfjahr-Periode 1898—1908 bestimmt.¹ Diese Periode ist also nicht identisch mit der Elfjahrsperiode (1900—1910), die wir zur Berechnung der Temperatur-Normalen gewählt haben.

Danach haben wir die Anomalien der Isobaren-Richtungen für die verschiedenen Monate und Jahre als Abweichungen von den Durchschnittsrichtungen dieser Monate bestimmt. Wir haben Abweichungen nach Süden (d. h. wenn die Isobaren südlich ihrer normalen Lage ge-

¹ Leider bekamen wir die Isobarenkarten für 1909 und 1910 zu spät, um sie für diese Berechnung benutzen zu können.

richtet sind) mit Minus bezeichnet und Abweichungen nach Norden mit Plus. Das Produkt der *Gradientenzahl* und des Sinus zu diesen Winkel-Anomalien ist dann als Maß für den möglichen Einfluß des Windes auf die Oberflächen-Temperatur benutzt worden. Dabei denken wir uns, daß die normale Lage der Oberflächen-Isothermen von der Durchschnittsrichtung der Isobaren bedingt wird, und daß eine Abweichung von der letzteren deshalb laterale Verschiebungen der Isothermen hervorrufen muß. Der Sinus zu dem Abweichungswinkel sollte dann gleich dem Komponenten der Luftbewegung quer zur Normalrichtung sein.

Dieses Verfahren kann selbstverständlich keinen Anspruch darauf machen, in irgendwelcher Beziehung genau zu sein. Es ist ja z. B. nicht leicht im voraus zu wissen, was für die Oberflächen-Temperatur von größerer Bedeutung ist, die Richtung des Windes oder dessen Stärke. Ferner ist der Einfluß auf die Oberflächen-Temperatur sicher nicht einfach proportional zur Stärke des Windes, und noch weniger ist er direkt proportional zum Sinus des Winkels (+ oder -), den der Wind mit der Richtung der Wind-Normale bildet.¹ Aber trotz dieser Ungenauigkeit stellt das Verfahren ein Mittel dar, um den Einfluß des Windes auf die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur qualitativ und bis zu gewissem Grade auch quantitativ zu vergleichen, wenigstens in der kalten Zeit des Jahres, mit der wir uns hier beschäftigen.

Winkel zwischen den Richtungen der Isobaren und der Isothermen.

Die durchschnittlichen Isobaren-Richtungen für Januar, Februar und März für die genannte Elßjahrsperiode 1898—1908 findet man in den Tabellen 12 D und 13 D, und für Januar-Februar sind sie auch auf der Karte, Fig. 7, angemerkt (siehe auch Tafel I, und für März Tafel VIII). Das Verhältnis

¹ Es lassen sich mehrere Verhältnisse denken, die Einfluß haben, die aber durch diese Methode kaum berücksichtigt werden können. Z. B. wenn die Isobare in einem Feld während eines Monats die normale Richtung hat, so wird also der Abweichungswinkel $= 0^\circ$, und das Produkt aus dessen Sinus und dem reziproken Wert des Luftdruck-Gradienten wird ebenfalls $= 0$, wie groß dieser Wert auch sein mag. Nun ist es indessen möglich, daß, wenn man voraussetzt, daß eine gesteigerte Windstärke in günstiger Richtung die Oberflächen-Temperatur — in einem Felde mit warmem Meeresstrom an der Oberfläche — erhöht, eine Steigerung der Windstärke, auch wenn sie in normaler Richtung geht, eine Erhöhung der Oberflächen-Temperatur zur Folge haben sollte, und zwar dadurch, daß sie die Geschwindigkeit des warmen Stroms steigert; ja es ist aus diesem Grunde denkbar, daß ein Wind, der ungewöhnlich stark ist, die Temperatur erhöhen kann, selbst wenn seine Richtung etwas auf der Minusseite der Normalrichtung läge. Auf derartige Verhältnisse wird bei unserem Verfahren keine Rücksicht genommen.

Andererseits ist es nicht sicher, daß eine Steigerung in der Stärke eines warmen Windes (d. h. eines solchen, dessen Richtung auf der positiven Seite der Normalrichtung liegt), immer die Neigung hat, die Oberflächen-Temperatur der See zu erhöhen, wie schon oben (S. 95) erwähnt wurde, usw.

zwischen diesen Isobaren-Richtungen und den Richtungen der Isothermen ist von Interesse. In den meisten unserer 10-Längengrad-Felder schneiden die durchschnittlichen Isobaren-Richtungen die Isothermen (Karte Fig. 7) in einem merkwürdig gleichartigen Winkel. Eine Ausnahme bilden die vier östlichen Felder in der Nähe der spanischen Halbinsel, sowie das westlichste Feld in der Nähe des amerikanischen Festlandes. Ferner die beiden Felder südlich der Neufundlandsbank, wo die Stromrichtung stark von den Bodenverhältnissen beeinflusst wird. In den vier Feldern für die dänischen Beobachtungen nördlich des 50° N-Br. schneiden die Isobaren-Richtungen die Isothermen ebenfalls nicht in einem bestimmten Winkel (siehe Fig. 7). Aber in allen unseren Feldern im offenen Meere südlich des 50° N-Br. zwischen 20° und 40° W-Lg. und ferner im Felde zwischen 10° und 20° W-Lg. in der Route Kanal—New-York wechselt der Winkel, der die durchschnittlichen Isobaren-Richtung für Februar mit den Isothermen für Februar bildet, zwischen 29° und 47° und zwar ist er durchschnittlich 39° .

Nach theoretischer Berechnung sollte die Richtung des Stromes, den der Wind hervorbringt, infolge des Einflusses der Erdumdrehung einen Winkel von 45° mit der Windrichtung bilden. Die Übereinstimmung zwischen unserem Winkel und diesem Winkel scheint überraschend groß zu sein, da er sich ja nur um 6 Grad von ihm unterscheidet. Nun verhält es sich selbstverständlich so, daß die Isothermen nicht in derselben Richtung verlaufen, wie der Oberflächen-Strom, sondern daß dieser eine mehr nördliche Richtung hat. Anderseits wehen die Winde nicht genau in der Isobaren-Richtung, sondern etwas links von dieser, wie auch die Karte Fig. 8 zeigt.

Wir müssen uns jedoch vor Augen halten, daß es nicht allein die Windverhältnisse im Februar sind, die von Bedeutung für die Temperaturverteilung an der Oberfläche des Meeres im Februar sein können; sondern wahrscheinlich auch die Windverhältnisse in der vorgehenden Zeit. Es würde deshalb auch richtiger sein, theoretisch wenigstens, die Mittelwerte z. B. der Isobaren-Richtungen im Januar und Februar zu nehmen und sie mit der Richtung der Februar-Isothermen zu vergleichen, so wie wir auf der Karte Fig. 7 und auf Tafel I getan haben.

Wir finden dann, daß die Winkel zwischen den Isobaren-Richtungen und den Isothermen im großen ganzen sehr nahe dieselben wie oben gefunden sind, die meisten in dem erwähnten Striche im freien Meere betragen ungefähr 40° . Sie wechseln zwischen 21° und 53° ; der Durchschnitt ist 37° , anstatt 39° oben.

In dem östlichsten Teil des Atlantischen Ozeans, nahe bei der spanischen Halbinsel, wird selbstverständlich der vom Winde erzeugte Oberflächenstrom von den Küsten und den topographischen Verhältnissen beeinflusst. Die durchschnittlichen Isobaren-Richtungen bilden auch hier andere Winkel mit den Isothermen. In der Nähe der amerikanischen Ostküste sind die Isothermen ebenfalls so abhängig von der Richtung des starken Golfstroms und den Bodenverhältnissen, daß man nicht erwarten kann, hier eine so gute Übereinstimmung zwischen der Richtung der Isobaren und derjenigen der Oberflächen-Isothermen zu finden, da ja der Wind weniger Einfluß auf den Oberflächenstrom hat. Wir finden denn auch hier ganz andere Winkel zwischen den Isobaren- und den Isothermen-Richtungen. Dasselbe ist offenbar auch teilweise der Fall in den Feldern südlich der Neufundlandsbank. Indessen darf man nicht übersehen, daß, wie Fig. 8 zeigt, die Winde in diesen Gebieten weit nach links von den Isobaren-Richtungen abweichen.

Aber, wie gesagt, in dem offenen Meere südlich des 50° N-Br., wo man nicht erwarten kann, daß sich andere Einflüsse allzu stark geltend machen werden, finden wir ein bestimmtes Verhältnis zwischen den Richtungen der durchschnittlichen Isobaren und den durchschnittlichen Isothermen.

Das beweist ja nichts Bestimmtes hinsichtlich des Vermögens der Winde, Meeresströmungen hervorzubringen, besonders da wir sehen, daß es im offenen Meere nördlich des 50° N-Br. nicht zutrifft, und im Meere südwestlich von Irland müssen wir annehmen, daß der Oberflächenstrom nach links von der Isobaren-Richtung geht (siehe den Pfeil auf Fig. 7), und nicht nach rechts.

Indessen kann das angedeutete eigentümliche Verhältnis zwischen der Isobaren-Richtung und der Isothermen-Richtung in den mittleren Teilen des Nord-Atlantischen Ozeans darauf hindeuten, daß der Wind hier einen starken Einfluß auf die Bewegung des Oberflächenwassers hat.

Wir müssen in diesem Falle auch erwarten, daß er ebenfalls einen starken Einfluß auf die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur infolge seines Vermögens, die Wassermassen der Oberfläche zu verschieben, ausübt.

Die gefundenen Werte der Luftdruck-Gradienten mit den Temperatur-Anomalien verglichen.

In den Tabellen 12 D und 13 D haben wir für die Monate Januar und Februar in jedem Jahr die gefundenen Werte für die Isobaren-Abweichungen von der Normalrichtung in jedem 10-Längengrad-Feld angegeben; ferner die reziproken Werte für die Größe des Luftdruck-gradienten sowie die

Zahlen, die sich durch Multiplikation dieser Größe mit dem Sinus zum Abweichungswinkel der Isobaren ergeben. Diese Werte sind für die Monate Januar und Februar sowie für die Resultante zwischen den Isobaren-Richtungen dieser beiden Monate angegeben. Für die nördliche Route Kanal—New-York sind auch dieselben Werte für den Monat März angeführt. Da die Werte für die mittleren Gradientenwirkung für Januar und Februar durch Vectoranalyse aus der Resultante für die Isobaren-Richtungen dieser beiden Monate bestimmt sind, so ist der auf diese Weise gefundene Wert nicht immer gleich dem Mittel der Einzelwerte der beiden Monate.

Auf den Karten für Februar und für März-April der verschiedenen Jahre, Tafel XVI bis XLI, haben wir für jedes unserer 10-Längengradfelder Pfeile angebracht, um die Richtung und die Größe (in Millimetern) der Resultante für die Isobaren-Richtung (und den Luftdruckgradienten) anzugeben.¹ Wir haben auch die Anomalie der Oberflächen-Temperatur, in Zehntelgraden (mit ganzen Zahlen ausgedruckt), hinzugefügt (die freistehenden Zahlen ohne Ringe); die fetten Zahlen bezeichnen dann positiven Anomalien, die mageren, schrägliegenden dagegen negative. Die Zahlen mit Ringen sind die Lufttemperatur-Anomalien (in Zehntelgraden) dieser Felder. Die starken Ringen bezeichnen positive, die schwachen negative Anomalien. Auch die Richtung der Isobaren (mit der Stärke des Luftdruckgradienten) sowie die Anomalien der Oberflächen-Temperatur für die 10-Längengrad-Felder für die dänischen Beobachtungen nördlich des 50° N-Br., haben wir hinzugefügt ebenso wie für Liepes Eingrad-Felder (seine Stationen I—VII, Taf. XV für die Jahre 1898—1903)².

Wenn die Isobaren-Richtungen in den einzelnen Jahren auf der Seite der Normalrichtung verläuft, die erwärmend auf die Temperatur wirken

¹ Man muß beachten daß die Karten für **Februar** folgendes zeigen:

Luftdruck. Die Pfeile für die Meeresfelder (Tafel XV, 1—24 und I—VII) geben die Resultante für Januar und Februar. Die Pfeile für die anderen Felder (an den Küsten, d. h. Hamburg, Torungen, Stad, Irland, z. T. Hebriden, Schetland, Färö-Inseln, Island) dagegen nur für Februar.

Die *Temperatur* ist überall (Wasser und Luft) für Februar.

Die Karten die mit **März** bezeichnet sind, geben:

Luftdruck. Die Pfeile geben überall die Druckgradienten für den Monat März an.

Die *Temperatur* bezieht sich für unsere Felder 1—6 (Tafel XV) auf den Zeitraum 15. März—13. April, für die dänischen Felder 21—29 (Taf. XV) auf 16. März—15. April; für Liepes Felder I—VIII und die holländischen Felder 19—20 (Taf. XV) ist die angegebene Temperatur der Mittelwert für März und April. Alle Lufttemperaturen außerhalb unser Felder 1—6 sind für März, wie auch die Wassertemperaturen an den Küstenstationen 30—45 (Tafel XV).

² Man beachte, daß die 20-jährigen Normalwerte der Temperaturen an Liepes Stationen für eine frühere Zeitperiode (1884—1903) als die 11-jährigen Normalwerte (1900—1910) für unsere Felder berechnet sind.

sollte, sind die Pfeile mit starken, voll ausgezogenen Linien gezeichnet; für Isobaren-Richtungen auf der entgegengesetzten Seite, die also abkühlend wirken sollten, sind die Pfeile (Liepes Felder III—VII und die holländischen Felder 19—20, Taf. XV, ausgenommen) mit starken, gestrichelten Linien gezeichnet.

Auf den Karten sind mit schwachen Pfeilen auch Durchschnichtsrichtung und Größe der Resultante der Wirkung des Luftdruckgradienten für den Zeitraum 1898 bis 1908 angegeben.

Auf den Karten sind ferner noch Gradienten-Pfeile und Oberflächen-Temperatur-Anomalien für die zwei erwähnten holländischen 10-Grad-Felder (Tafel XV, 19—20) für die Jahre 1900—1910, für Stationen an der norwegischen Küste, auf den Färöern und auf Island eingezeichnet. Schließlich sind auch die monatlichen Anomalien für die Lufttemperatur für verschiedene Stationen in Nordamerika, Westindien, Südamerika, Grönland, Europa, Afrika usw. eingeführt; diese Zahlen sind mit Ringen umgeben (starken Ringen für positive, schwachen für negative Anomalien)¹. Für Stationen auf den britischen Inseln wie auch für Hamburg ist ebenfalls der Druckgradient durch Pfeile angegeben, Siehe im übrigen die Erklärung zu den Tafeln.

Auf Tafel XVI bis XLI zuunterst auf den linken Seiten haben wir auch für jedes Jahr Kurven gezeichnet, die die örtlichen Schwankungen der Luftdruckgradienten querüber dem Atlantischen Ozean (Kurven B) für Januar (die schwache gestrichelte Linie), für Februar (die schwache, voll ausgezogene Linie), und für beide Monate (als Resultante zusammengefaßt, die starke gestrichelte Linie) darstellen; ferner Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur (die Kurve W), die Anomalien der Luft-Temperatur (die Kurve L) und schließlich die Anomalien für die Oberflächen-Temperatur minus die Luft-Temperatur (die Kurve W—L). Die Figuren in der Mitte und rechts beziehen sich auf der Route New-York—Kanal; die Figuren links beziehen sich auf die Strecke New-York—Portugal, indem die drei westlichsten 10-Längengrad-Felder von der Route New-York—Kanal genommen sind, während die Werte der drei östlichen Felder Mittelwerte von allen Feldern zwischen je 10 Längengraden zwischen Portugal und 40° W-Lg. sind (also zusammengefaßt für alle Felder zwischen 37° und 35° N-Br. und zwischen 10° und 20° W-Lg., zwischen 20° und 30° W-Lg., und zwischen 30° und 40° W-Lg.).

Sehen wir uns diese Karten für die verschiedenen Jahren näher an und vergleichen sie mit den Kurven der Figuren, so muß es uns auffallen,

¹ Die Normaltemperaturen für allen diesen Stationen (Liepes Stationen ausgenommen) sind für denselben Zeitraum (1900—1910) wie für unsere Felder berechnet.

daß im großen ganzen eine gute Übereinstimmung zwischen den Anomalien der Oberflächen-Temperatur und den Luftdruckgradienten besteht. Dies kommt deutlich sowohl auf den Karten wie in den Figuren zum Vorschein. Besonders gut ist die Übereinstimmung in den Jahren, wo

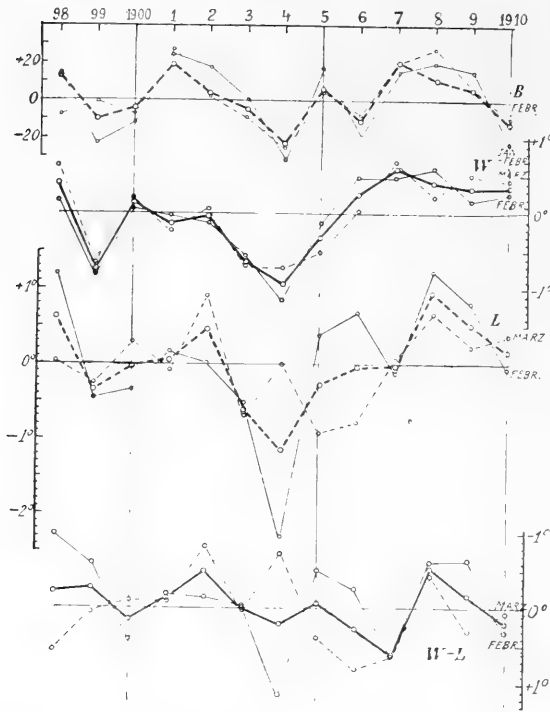


Fig. 48. Die Kurven geben die Mittelwerte für alle sechs 10-Längengrad-Felder längs der Fahrtsroute Kanal—New-York an. B: der Luftdruckgradienten für Januar-Februar, Februar-März und für die Mittelwerte der Monate Januar, Februar, und März (die starke gestrichelte Linie). W: der Anomalien der Oberflächen-Temperaturen. L: der Anomalien der Lufttemperaturen. W-L: der Anomalien der Differenz: Oberflächen-Temperatur minus Lufttemperatur. W, L, und W-L gelten für Februar (die schwachen, vollgezogenen Linien), für März-April (die schwachen, gestrichelten Linien) und für die Mittelwerte der beiden Dekadengruppen Februar und März-April (die starken Linien).

die Druckgradienten groß gewesen sind, also die Luftzirkulation kräftig war, wie z. B. in den Jahren 1899 und 1903. Die Jahre 1898, 1906, 1907 und 1908 können auch erwähnt werden. Weniger gut ist die Übereinstimmung in den Jahren, wo die Druckgradienten schwächer waren, und folglich der Wind flauer. Besonders mögen hier die Jahre 1900 und 1902 hervorgehoben werden, wo die Übereinstimmungen weniger befriedigend erscheinen.

Die Winde sind eine wesentliche Ursache der Temperatur-Schwankungen an der Oberfläche und in der Luft des Nordatlantiks.

Schon die Karten und die Kurven auf diesem Tafeln müssen demnach hinreichen, um uns davon zu überzeugen, daß der Wind

in den meisten Jahren einen sehr starken Einfluß auf die Temperatur-Schwankungen in den von uns untersuchten Feldern hat. Daß dies der Fall sein muß, davon erhalten wir vielleicht einen noch stärkeren Eindruck, wenn wir die Kurven auf Tafel XLII bis XLVI betrachten, die für jedes unserer 10-Längengrad-Felder und für die dänischen Felder die Schwankungen von Jahr zu Jahr in den Anomalien der Druckgradienten für die verschiedenen Monate (Jan.—März) in der Oberflächen-Temperatur, der Luft-

temperatur und in der Oberflächen-Temperatur minus Lufttemperatur darstellen. Diese Kurven zeigen uns, daß die Übereinstimmungen nicht so besonders gut in den westlichsten und östlichsten Felder sind. Dagegen ist in den mittleren Feldern im offenen, freien Meer die Übereinstimmung im großen ganzen auffallend gut und kann keinen Zweifel übrig lassen, daß der Wind einen entscheidenden Einfluß auf die Temperatur-Schwankungen im Wasser und in der Luft hat.

Daß zwischen den Schwankungen in der Richtung und Stärke des Luftdruckgradienten und den Schwankungen in der Oberflächen- und Luft-Temperatur eine Übereinstimmung besteht, kommt noch klarer zum Vorschein, wenn wir das Mittel von größeren Gebieten nehmen. Fig. 48 gibt die Mittel aller sechs 10-Längengrad-Felder längs der Route Kanal—New-York an. Die Ähnlichkeit zwischen den Kurven des Luftdruckgradienten(B) und den Kurven für die Temperaturanomalien im Wasser(W) und in der Luft(L) ist hier unverkennbar. Aber bedeutend größer noch wird diese Ähnlichkeit, wenn wir bei der Berechnung der

Mittelwerte die östlichsten und westlichsten 10-Längengrad-Felder weglassen und uns nur an die mittleren halten, wie wir es in Fig. 49 getan haben, vgl. auch Fig. 51 und 52. Wir sehen, daß in diesen Kurven die Übereinstimmung so zu sagen vollständig ist, nur mit sehr wenigen Ausnahmen.

Die gefundenen Werte für die Felder im Portugal—Azoren-Gebiet ergeben in vielen Fällen weniger gute Übereinstimmung für die einzelnen Felder (vgl. Tafel XLIV, XLV). Aber einerseits ist unser Beobachtungs-

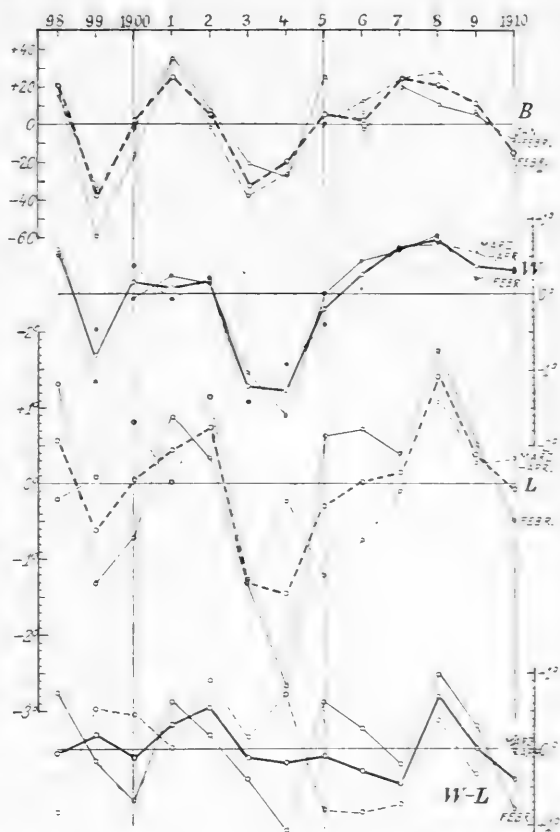


Fig. 49. Die Kurven geben dieselbe Art Mittelwerte wie in Fig. 48, aber nur für die vier mittleren 10 Längengrad-Felder zwischen 20° und 60° W-Lg. längs der Fahrtroute Kanal—New-York.

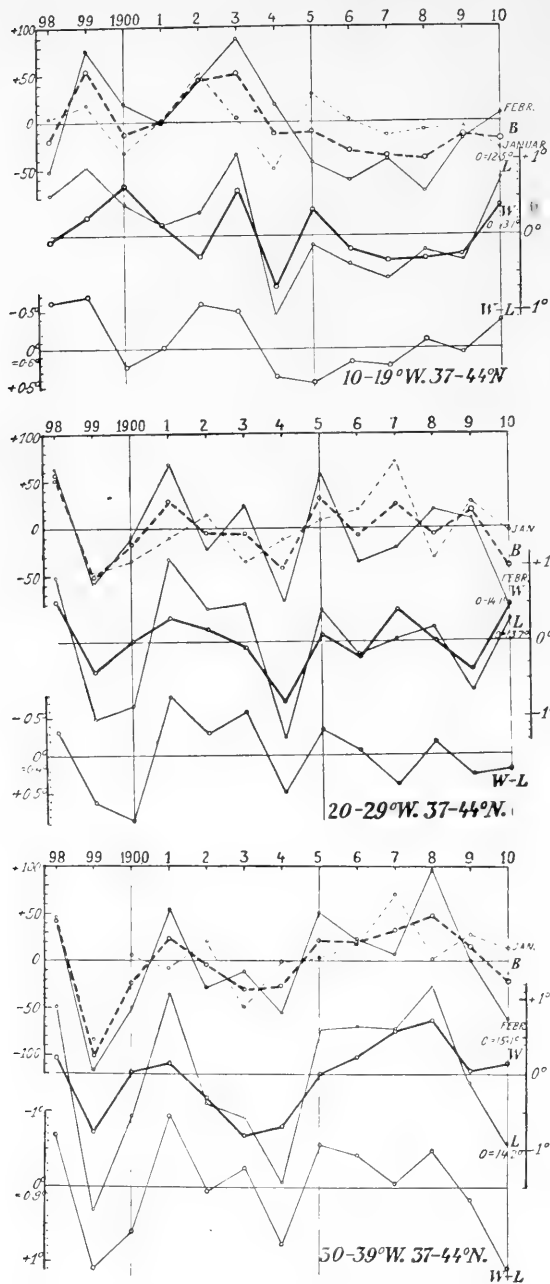


Fig. 50—52. Durchschnittskurven für alle Felder zwischen 37° und 45° N-Br. und zwischen 10° und 20° W Lg. (Fig. 50) zwischen 20° und 30° W-Lg. (Fig. 51) und zwischen 30° und 40° W-Lg. (Fig. 52). B: Kurven für den Luftdruckgradienten für Januar, für Februar und für die Resultante beider Monate (die starke, gestrichelte Linie). W: Kurve für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur für 3 Februar—4 März. L: Kurve für die Anomalien der Luft-Temperatur, 3 Febr.—4 März. W-L: Kurve für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur minus Lufttemperatur für 3 Febr.—4 März.

stoff hier weniger vollständig, da u. a. in der Regel weniger Beobachtungen für jedes Feld vorliegen. Andererseits ist unser Verfahren zur Bestimmung der Stärke und Richtung des Windes nicht genau genug auf diesen Gebieten, wo wir in das anti-zyklonische Hochdruckgebiet nahe den Azoren hineinkommen und uns auch dem Gebiete der Passaten nähern. Indessen ergibt der Durchschnitt dieser Felder, wie aus Fig. 50 bis 52 zu ersehen ist, eine merkwürdig gute Übereinstimmung, ja sogar eine vollständigere, als in den meisten anderen Gebieten.

In den 10-Längengrad-Feldern für die dänischen Beobachtungen nördlich des 50° N-Br. gründen sich, wie bereits erwähnt, die gefundenen Werte für die Oberflächen-Temperaturen auf zu wenige Beobachtungen, so daß sie nicht als vollständig zuverlässig angesehen werden können. In diesem Meeresgebiet sind fernerhin die Luftdruckbeobachtungen für die Monate, denen unsere Untersuchungen gelten, so gering an Zahl und liegen so verstreut, daß die Monats-Isobaren der Karten dadurch für diese Gebiet-

ziemlich hypotetisch werden. Indessen haben wir trotzdem auch für diese 10-Längengrad-Felder Kurven für die Luftdruckgradienten und für die Oberflächen-Temperaturen sowohl für Januar-Februar, wie für März-April gezeichnet (siehe Tafel XLVI), und wir finden die Übereinstimmung zwischen ihnen besser, als wir nach der Unzulänglichkeit des Materials, glaubten erwarten zu können; besonders trifft das für das Feld zwischen 30° — 39° W-Lg. zu. In den östlichsten Feldern ist hier, wie auch weiter im Süden, die Übereinstimmung zwischen den Kurven für die Luftdruckgradienten und für die Oberflächen-Temperaturen nicht gut; aber diese Kurven haben Ähnlichkeit mit den entsprechenden südlicheren.

Wenn der Wind eine wesentliche Ursache zu den meisten der beobachteten Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur von Jahr zu Jahr ist, dann müssen wir erwarten, daß Schwankungen in der Richtung der Isobaren und der Stärke des Druckgradienten in erster Linie in der Luft-Temperatur zum Ausdruck kommen und noch größere Schwankungen in diesen hervorrufen müssen, als in der Oberflächen-Temperatur (vgl. S. 89 f.). Unsere Kurven in Fig. 48—52 zeigen auch, daß dies durchgängig in hohem Grade zutrifft, und weiter zeigen sie — was ebenfalls zu erwarten war — daß für die Schwankungen in der Luft-Temperatur im Februar die Schwankungen des Druckgradienten im Februar von größerer Bedeutung sind, als die Schwankungen desselben im Januar, da ja selbstverständlich die Schwankungen in den Winden eine unmittelbare Wirkung auf die Temperatur der Luft ansüßen als auf diejenige des Wassers, dessen Masse sich langsamer fortbewegt.

So mangelhaft unser Beobachtungsmaterial für die Luft-Temperatur an sich auch ist, so zeigen die Kurven für die Luft-Temperaturen im Februar und für die Druckgradienten besonders für den Februar doch eine unerwartete Übereinstimmung für die meisten Meeresgebiete. Es zeigt sich denn, daß die Schwankungen der Luft-Temperatur noch viel größer sind als die der Oberflächen-Temperatur (vgl. S. 90). Es ist ja auch, wie bereits hervorgehoben, zu erwarten, daß die Wirkung des Windes sich nicht nur auf die Luft-Temperatur zuerst geltend macht, sondern auch bedeutend größer wird, als auf die Oberflächen-Temperatur. Eine Zusammenstellung der Anomalien für die Oberflächen-Temperatur minus die Luft-Temperatur, wie in Tabellen 9—11 WL. gemacht, muß deshalb von Interesse sein. Diese Anomalien sind auch zur Darstellung der Kurven W—L für die Oberflächen-Temperatur minus die Luft-Temperatur auf den Tafeln (XVI—XLV) benutzt worden.

In vielen Feldern besteht eine gute Übereinstimmung zwischen den Schwankungen in diesen Anomalien und den Schwankungen der Ober-

flächen-Temperatur und der Druckgradienten; dies kommt besonders gut in den Durchschnittskurven für die südlicheren größeren Gebiete in Fig. 50—52 zum Vorschein. Es zeigt sich z. B., daß durchgehends in Jahren mit besonders niedriger Oberflächen-Temperatur die Luft auffallend viel kälter ist als das Wasser, und demnach der Unterschied zwischen der Oberflächen-Temperatur und der Luft-Temperatur sehr groß ist. Es besteht ja auch in unseren Figuren 50—52 durchgängig eine ganz gute Übereinstimmung der Kurven W—L mit den Kurven B besonders für den Februar, teilweise auch mit den Durchschnittskurven für Januar-Februar.¹ Dies muß die Folge davon sein, daß die Winde eine wesentliche unmittelbare Ursache zu den beobachteten Schwankungen in der Winter-Temperatur der Meeresfläche sind. In Zeiten, wann die Winde durchgehends z. B. mehr aus nördlichen Strichen herkommen, als sie sonst pflegen, muß dies dazu führen, daß in erster Linie kältere Luftmassen südwärts verschoben werden, und folglich die Luft-Temperatur stark sinkt. Später werden auch die kälteren Oberflächenschichten mit dem Winde in die Felder für unsere Beobachtungen hineinbefördert.

Dieser Beförderung kälterer Wassermassen aus dem Norden nach dem Süden durch den Wind haftet indessen die Eigentümlichkeit an, die bemerkenswert ist, daß diese nördlichen Wassermassen durchgehends infolge ihrer niedrigen Temperatur eine höhere Dichte besitzen, als die südlicheren und wärmeren Wassermassen. Die nördlicheren Wasserschichten können deshalb von den Winden nicht über die wärmeren Oberflächenschichten weiter südlich hingeschoben werden, sondern werden die Neigung haben, unter diese herabzusinken, während selbstverständlich gleichzeitig dies kältere Wasser durch den Wellenschlag sich mit ihnen vermischen wird. Winde, die kälteres Wasser in Gegenden mit wärmerem Wasser hineinführen, werden deshalb nicht so leicht bedeutendere Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur hervorrufen können, wie Winde, die Wasser in umgekehrter Richtung mit sich führen, also aus wärmeren Gegenden nach kälteren, da ja das wärmere Wasser leichter ist, als das kältere, und deshalb über dieses als Oberflächenschicht hingeschoben werden kann. Stattdessen besitzen dafür die Winde, die kälteres Wasser nach wärmeren Meeresstrichen führen, ein größeres Vermögen, Veränderungen in der Temperatur in den oberen Wasserschichten des Meeres unter der Oberfläche hervorzurufen, da ja durch solche Winde Konvektionsströme in vertikaler Richtung entstehen

¹ Beachte daß in unseren Figuren der Kurve für Oberflächen-Temperatur minus Luft-Temperatur die ansteigende (positive) Skala abwärts zeigt.

müssen. Aber sie haben selbstverständlich auch die Neigung, die wärmeren Wassermassen in der Oberfläche mit sich her nach Süden zu treiben und sie durch kälteres zu ersetzen.

Die Schwankungen im Wasserstand der Ostsee als Beweis für die Wirkung der Winde auf die Schwankungen der Oberflächen-Temperatur des Nordatlantiks.

Daß die Winde eine stark mitwirkende Ursache zu den von uns beobachteten Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur im Atlantischen Ozean sind, scheint auch durch die früher schon erwähnte merkwürdige Übereinstimmung — zwischen den Schwankungen in den Temperaturverhältnissen im Atlantischen Ozean im Februar und den Schwankungen im mittleren Wasserstand für das ganze Jahr in der Nordsee und besonders in der Ostsee — bewiesen zu werden. Wir fanden, daß, wenn die Oberflächen-Temperatur in dem mittleren Teil des Atlantischen Ozeans im Verhältnis zu dessen Ostseite im Februar niedrig war, dann der jährliche mittlere Wasserstand in der Nordsee und besonders in der Ostsee, teilweise auch an der norwegischen Küste, hoch war, während wenn die Oberflächen-Temperatur hoch mitten im Atlantischen Ozean im Verhältnis zu dessen Ostseite war, sich dies umgekehrt verhielt. Daß die Winde für dieses Verhältnis von Wichtigkeit sind, kann nicht zweifelhaft sein. Denn daß der Wasserstand längs der Küste von der Luftdruckverteilung und den Winden beeinflusst ist, wissen wir ja, und es war deshalb im voraus anzunehmen, daß die beobachteten Schwankungen im mittleren Wasserstand in der Nordsee und Ostsee auf diese Weise hervorgerufen werden; — wir müßten dann logischerweise auch schließen, daß es dieselbe Ursache ist, die die beobachteten Schwankungen im Verhältnis zwischen der Oberflächen-Temperatur Mitten im Atlantischen Ozean und auf dessen Ostseite hervorruft. Zwar sind unsere Beobachtungen nur von den kältesten Teil des Winters gesammelt. Wir dürfen aber annehmen, daß die Verhältnisse zu dieser Jahreszeit für diejenigen eines größeren Teils des Jahres maßgebend sind.

Nun ließe es sich ja wohl denken, daß Schwankungen im mittleren Wasserstand auch durch Schwankungen in der Geschwindigkeit der Ströme hervorgerufen werden könnten, die nicht unmittelbar von den Winden verursacht sind. Aber selbst wenn wir diese wenig wahrscheinliche Annahme wollten gelten lassen, so bleibe es immer noch besonders schwierig, die Schwankungen in dem erwähnten Verhältnis in der Oberflächen-Temperatur im Atlantischen Ozean durch derartige Schwankungen

in den Stromgeschwindigkeiten erklären zu wollen. Diese scheinen sich natürlicher durch das Verhältnis der Winde erklären zu lassen.

Allerdings könnte hiergegen eingewendet werden, daß auch der Niederschlag über den Niederschlagsgebieten der Nordsee und der Ostsee Einfluß haben kann, nicht zum wenigsten auf den Wasserstand der Ostsee; aber dieser Einfluß muß offenbar von untergeordneter Bedeutung im Vergleich zu dem der Winde sein. Eine Hemmung der Ausströmung infolge des Windes an der Pforten der Ostsee wird selbstverständlich größeren Einfluß auf den Wasserstand der Ostsee haben, als ihn die denkbar größte Steigerung des Niederschlags würde ansüben können, so lange der Ablauf nicht im Kattegat und in den Belten gehemmt wird.

Die Hemmung der Ausströmung von der Ostsee läßt sich in zweierlei Weisen denken: die Winde können ein Steigen des Wasserstands in der Nordsee an der Mündung des Kattegats verursachen, oder die Winde im Kattegat können das Wasser aus der Ostsee zurückhalten. In beiden Fällen ist eine mehr oder weniger stoßweise Erneuerung der tieferen Wasserschichten in der Ostsee zu erwarten.

Nach den schwedischen Untersuchungen [siehe O. PETTERSSON 1894 S. 532] war eine neue Zuströmung von salzigem Wasser von außen in die tieferen Schichten des Gulmar-Fjords (an der Mündung des Kattegats) im Frühling und Sommer in den Jahren 1890 und 1893 bemerkbar. Im Jahre 1899 wurde das Bodenwasser in der Gotland-Mulde in der Ostsee erneuert [siehe KRÜMMEL 1907 S. 352—353]. Im Anfang des Jahres 1903 wurde das Bodenwasser im Bornholm-Tief und in der Danziger-Mulde erneuert. Im Herbst 1905 wurde das Bodenwasser in der Gotland-Mulde und in der Danziger-Mulde erneuert, und später im folgenden Winter auch in dem Bornholm-Tief [KRÜMMEL 1907 S. 301].

In der Zeit zwischen 1890 und 1906 ist es gerade in den oben erwähnten Jahren (1890, 1893, 1899, 1903 und 1905—1906), und *nur* in diesen Jahren, daß ausgeprägte Maxima im Wasserstand der Ostsee (und der östlichen Nordsee) aufgetreten haben.

Mittels der Winde können wir auch auf eine natürliche Weise die Übereinstimmung zwischen den erwähnten Verhältnissen in der Oberflächen-Temperatur im Atlantischen Ozean und der Oberflächen-Temperatur an Liepes Station 1, außerhalb Ouessant, sowohl im Februar wie für das ganze Jahr, erklären, ebenso wie die Übereinstimmung mit der Temperatur in Hamburg im Februar und teilweise auch mit der Jahrestemperatur für Hamburg, wie bereits erwähnt wurde.

Sind die Winde die einzige Ursache der grossen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur?

Aber selbst wenn wir also zu dem Schluß gelangen, daß die Winde eine wichtige Ursache zu einer Mehrheit der großen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur sein müssen, die wir in den von uns untersuchten Feldern beobachtet haben, so ist es immer noch eine andere Frage, ob diese Schwankungen *allein* auf den Winden beruhen, das will sagen, auf den örtlichen Winden in den untersuchten Feldern und deren nächsten Umgebungen. Die Frage kann z. B. so gestellt werden: ob nicht außer den durch die Winde hervorgerufenen Verschiebungen in den Wassermassen auch Schwankungen in der Temperatur der von den Strömen selbst geführten Wassermassen bestehen können?

Sollte dies der Fall sein, dann müßte, wie bereits erwähnt (S. 89), der Verlauf in den Schwankungen der Werte für die Oberflächen-Temperatur minus die Luft-Temperatur der umgekehrte sein von dem, was oben gefunden wurde. Die Beförderung von verhältnismässig kälteren Wassermassen müßte dann die Oberflächen-Temperatur des Meeres dazu bringen, sich mehr der Temperatur der Luft zu nähern, und der Unterschied zwischen beiden wird folglich geringer als gewöhnlich, und umgekehrt wird es sich verhalten, wenn das beförderte Wasser verhältnismässig warm ist. Es entsteht dann die Frage, ob sich nicht auch Schwankungen dieser Art in unseren Beobachtungen nachweisen lassen, und das scheint auch, wie früher hervorgehoben, wirklich an mehreren Stellen der Fall zu sein. —

Betrachten wir die Temperaturen in den einzelnen Jahren, so scheinen sich auch die Schwankungen in mehreren Fällen nicht allein durch die lokalen Winde erklären zu lassen. Dies gilt z. B. für den Februar, wie auch für den März-April 1904, wo die Temperatur, wie früher öfters hervorgehoben, über dem größten Teil des Atlantischen Ozean, besonders den mittleren Teilen, ungewöhnlich niedrig war. Allerdings hatten die Isobaren, und folglich auch die Winde, damals über unserem ganzen Beobachtungsgebiet Richtungen, die mehr oder weniger Minus-Anomalien in der Oberflächen-Temperatur bedingen sollten, wie unsere Karten (Tafel XXVIII und XXIX) auch zeigen. Aber wie aus den Kurven in Fig. 48—52 hervorgeht, waren in mehreren Feldern die Minus-Anomalien in der Wirkung des Luftdruckgradienten nicht so groß, daß sie die große negative Anomalie in den Oberflächen-Temperaturen durchgehends bedingen konnten. Ferner ist es auch auffallend, daß der Verlauf in den Schwankungen der Kurven für die Anomalien des Luftdruckgradienten von Feld zu Feld auf Tafel XXVIII (unten) völlig ver-

schieden ist von dem Verlauf in den Schwankungen der Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur und der Luft-Temperatur.

Wenn Wir hiermit zusammenhalten, daß auch über großen Strecken der Erde übrigens sowohl die Temperatur des Meeres wie die der Luft eine auffallend große negative Anomalie (siehe S. 93 f. und vgl. die Karte, Tafel XXVIII) aufweisen, so muß dies den Gedanken darauf hinführen, daß wir hier Wirkungen gegenüberstehen, die noch andere Ursachen außer den lokalen Winden haben. Oder richtiger, wir könnten denken, daß die negativen Anomalien des Luftdruckgradienten, die wir über dem ganzen, von uns untersuchten Gebiet beobachten, dieselbe Ursache gehabt haben, wie die niedrige Temperatur in der Meeresoberfläche und in der Luft über dem größten Teil der Erde.

Betrachten wir das holländische Material für die beiden früher erwähnten 10-Grad-Quadrate weiter südlich, so finden wir, daß in diesen beiden Feldern die Temperatur der Meeresoberfläche ein Minimum im Februar 1904 aufweist, während dagegen die Richtung und die Stärke der Winde im Januar-Februar nicht derartig waren, daß sie ein solches Minimum bedingen sollten. Man muß aber erinnern, daß die Anzahl der Beobachtungen in diesen großen Feldern sehr gering waren.

Wir finden ferner, daß bei einer Reihe von Stationen, besonders in den tropischen Gegenden, die Temperatur der Luft für 1904 ungewöhnlich niedrig war und oft ein Minimum hat. Wie von Arctowski [1912] erwähnt, findet man doch auch das Umgekehrte für mehrere Gebiete der Erde; so hatten z. B. Honolulu, Bombay, und die westlichsten Vereinigten Staaten ein Maximum in der Temperatur in diesem Jahre.

Das muß wohl am ehesten durch besondere Umstände in der Verteilung des Luftdrucks über der Erdoberfläche erklärt werden, die wieder von einer allgemeinen Ursache beeinflusst sind, die aber die entgegengesetzte Wirkung auf die Lufttemperatur (wie auch Wassertemperatur) an verschiedenen Stellen hervorrufen kann. Wie später erwähnt wird, scheint die durchschnittliche Lufttemperatur der ganzen Erdoberfläche im Jahre 1904 ein Minimum gehabt zu haben.

Möglichkeit einer Verschiebung der Meeres-Ströme?

Idessen muß man in Betracht ziehen, daß ein Sinken oder Steigen der Oberflächen-Temperatur in den von uns untersuchten Feldern im Atlantischen Ozean noch kein Zeichen für entsprechende Veränderungen in der Temperatur der Wassermassen zu sein brauchen, die von den Strömen geführt werden; es kann nur auf einer Verschiebung in diesen Massen beruhen. Die Oberflächenmassen können z. B. durch die Winde

weiter nach Süden getrieben worden sein; aber deshalb können die Ströme sehr wohl lebhafter und deren Temperatur in Wirklichkeit ebenso hoch oder höher sein, als früher. Um uns Klarheit darüber verschaffen zu können, wie es sich hiermit in den verschiedenen Jahren verhält, müßten wir gleichzeitige Untersuchungen über der Fläche des ganzen Atlantischen Ozean haben, und selbst dann würde es schwierig sein, zu entscheiden, ob eine derartige Verschiebung vorliegt oder nicht. Nehmen wir Jahre wie 1899 und 1903, wo die Windzirkulation über dem Atlantischen Ozean besonders lebhaft war, so können wir uns denken, daß die Golfstromtrift weiter südwärts verschoben worden ist, aber trotzdem kann sie sehr wohl gesteigert sein, und folglich kann die Temperatur in den Wassermassen des Stroms gestiegen sein, und das wird dann wieder ein Steigen der Temperatur in dem östlichen Gebiet des Meeres hervorrufen, wo diese wärmeren Wassermassen nordwärts geführt werden.

Aber im Jahre 1904? Wo die ganze, von uns untersuchte Meeresoberfläche, sowohl im Westen wie im Osten, eine sehr niedrige Temperatur aufwies, läßt es sich dann aber denken, daß der Strom weiter südlich verschoben worden ist? Eine derartige Annahme scheint sich schwer verteidigen zu lassen, da wir ja auch weit südlich in den Feldern für die holländischen Untersuchungen und an dem Äquator ungewöhnlich niedrige Oberflächen-Temperatur finden, und es scheint, als wäre die Oberfläche des ganzen nördlichen Atlantischen Ozeans in diesem Jahre besonders niedrig gewesen.

Einfluss der Winde auf die Luft-Temperatur über den Kontinenten.

Durch unsere Untersuchungen über die Bedeutung der Luftdruckverteilung haben wir also gefunden, daß der Luftdruck, oder die Winde, einen sehr großen Einfluß auf die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Meeres und auch in der Temperatur der Luft haben; aber sie können nicht von alleiniger Bedeutung für diese Schwankungen sein.

Dasselbe finden wir, wenn wir die Schwankungen in der Luft-Temperatur über den Kontinenten auf beiden Seiten des Atlantischen Ozeans betrachten.

Daß die Luftdruckverteilung oder die Winde von sehr großer Bedeutung für die Schwankungen in der Temperatur auf den Kontinenten sind, ist einleuchtend und kommt auch sehr gut auf unseren Karten (Tafel XVI bis Tafel XLI) zum Vorschein. Indessen finden wir auch, daß eine scheinbar ähnliche Verteilung des Luftdrucks in demselben Monat in verschiedenen Jahren verschiedene Wirkungen auf die Luft-Temperatur über Europa haben kann. Wir sehen z. B., daß in den Jahren 1905 und 1907 die Luftdruckverteilung im *Januar-Februar* über dem Nord-

Atlantischen Ozean und der Westküste Europas denselben Charakter hatte, während die Temperaturverteilung über Westeuropa im Februar ziemlich verschieden war. Im Februar 1905 (Tafel XXX) hatte Südwesteuropa (Spanien und Portugal) negative Temperaturanomalien, während Mittel- und Nordeuropa positive Anomalien hatte. Im Februar 1907 (Tafel XXXIV) dagegen, waren die Temperaturanomalien negativ im ganzen westlichen Süd- und Mitteleuropa (wie auch an der Westküste von Afrika) und nordwärts bis zu Südsandinavien. Im Nordskandinavien waren die Temperaturen bedeutend höher als im Februar 1905. An der atlantischen Küste Amerikas waren die Temperaturanomalien negativ im Februar in beiden Jahren, diese negativen Anomalien hatten aber eine weitere Ausdehnung westwärts in 1905 als in 1907. Im März 1905 und 1907 waren aber die Temperaturverhältnisse über Westeuropa ziemlich gleichartig geworden.

Die Bilder für die Luftdruckverteilung im östlichen Nordatlantik und Westeuropa sind einander sehr ähnlich im Januar-Februar 1906 und 1908 (Tafeln XXXII und XXXVI), mit ausgeprägt kalten Winden (doch kälter in 1906 als in 1908), während die Temperatur entgegengesetzt war, und zwar sehr kalt im Jahre 1906 über Frankreich, Großbritannien und den Färöer Inseln, dagegen sehr warm im Jahre 1908 (in Hamburg und Norwegen ebenfalls warm). Im Januar-Februar 1907 war es dagegen warme Winde über dem Ozean, aber trotzdem kalter Luft-Temperatur im Februar über dem westlichen Mittel- und Südeuropa, ja noch kälter als im Februar 1906. Zwar war der Wind in Januar-Februar an der Europäischen Küste schwacher und auch im ganzen nördlicher in 1907 als in 1906, aber in 1908 (Tafel XXXVI) war die Druckverteilung beinahe dieselbe wie in 1907, und trotzdem war die Temperatur über der Küstenländer von Mittel- und Südenropa verhältnismässig hoch mit positiven Anomalien. Man bekommt den Eindruck daß z. B. in 1907 die Luft-Temperatur durch besondere Verhältnisse erniedrigt sein kann, und man könnte sogar auf die Schwankungen in der Sonnenstrahlung denken, die durch die pyrheliometrischen Messungen gefunden sind, und zwar gab es ein sekundäres Minimum der Strahlung ind 1907. In März waren aber unglücklicherweise die Temperaturverhältnisse wieder umgekehrt mit positiven Anomalien über Westeuropa in 1907, und negativen Anomalien in 1908.

Der Januar-Februar 1899 und 1903, wie auch der März 1903 zeigten dasselbe Bild der Luftdruckverteilung, oder der Windverhältnisse, aber da herrschte auch die gleiche Temperaturverteilung — mit Minus-Anomalien in der Meeresoberfläche und Plus-Anomalien über Europa (siehe Tafeln XVIII, XXVI, XXVII).

Januar-Februar und März 1904 (Tafeln XXVIII, XXIX) weisen ebenfalls wesentlich dasselbe Luftdruck-Bild (Wind-Bild) auf, wie 1903, mit ausgeprägten Minus-Anomalien der Temperatur über Westeuropa, außer in Süd- und Mitteleuropa (südlich von 50° N.Br.) im Februar, Nord-Norwegen im März, und Island im März und teilweise auch im Februar. Man vergleiche hiermit auch den März 1908, wo Plus-Anomalien im Meere bestanden, trotz kalten Windes und Minus-Anomalien über ganz Westeuropa, aber nicht über Island und das nördliche Norwegen.

Im März 1905 und im Januar-Februar 1899 zeigte sich ausgeprägt dasselbe Bild der Luftdruckverteilung, ebenso wie der Temperaturverteilung.

Wir können uns keinen anderen Grund denken, als daß in den Jahren, wo die Temperaturverteilung so stark von dem abweicht, was sie im Verhältnis zur Luftdruckverteilung sein sollte, andere verschiedene Umstände wenigstens soweit das Festland in Betracht kommt, mit hereinspielen, falls die Isobaren-Karten hinreichend zuverlässig sind, und daß sie das für diesen Zweck wirklich sind, dürfen wir voraussetzen.

Zwei Ursachen lassen sich denken, die von Bedeutung sein können: einerseits die Wärmeverhältnisse des Meeres, deren Schwankungen die Temperatur der Atmosphäre beeinflussen können, anderseits die Sonnenstrahlung, Durchsichtigkeit der Atmosphäre, Ausstrahlung, usw. Es ließe sich wohl auch noch denken, daß der Kreislauf in den oberen Teilen der Atmosphäre selbst, wie auch deren Vertikalkreislauf Bedeutung haben könnten, aber es erscheint wenig glaubhaft, daß er von dem einen Jahr zum anderen so viel abweichen sollte, wenn das Bild der Luftdruckverteilung an der Erdoberfläche so gleichartig ist.

Die erstgenannte Ursache, die Wärmeverhältnisse des Meeres, erscheint nicht hinreichend um die Abweichungen in allen Fällen erklären zu können.

VIII. Die Oberflächen-Temperatur der See an der norwegischen Küste ist von den Winden abhängig.

Wir wollen nun untersuchen, welchen Einfluß die Winde auf die Oberflächen-Temperatur des Meeres längs der Küsten des Festlandes haben, und wollen dazu die Beobachtungsreihen benutzen, die für eine längere Reihe von Jahren von den Küsten Norwegens vorliegen.

Professor OTTO PETERSSON und später auch MEINARDUS haben früher angenommen, daß die Oberflächen-Temperaturen an der norwegischen Westküste — bei den Leuchtfeuern *Utsire*, *Hellisö* und *Ona* — mit der

Temperatur des Wassers wechseln sollte, das von dem warmen Atlantischen Meeresstrom, dem »Golfstrom«, durch das Meer vor der norwegischen Küste geführt wird. Das erscheint im voraus überraschend, da ja bekanntlich das Oberflächen-Wasser längs der norwegischen Küste, wo die erwähnten Beobachtungen angestellt werden, ausgeprägtes Küstenwasser ist, sowohl was seinen Salzgehalt wie seine Temperatur anlangt, und sehr wenig Ähnlichkeit mit dem Wasser hat, das von dem warmen Atlantischen Meeresstrom in der Oberfläche weit draußen im offenen Meere geführt wird.

Das Küstenwasser ist ja stark geschichtet und an der Oberfläche sehr leicht wegen Süßwasserzufuhr. Dadurch wird die Vertikalzirkulation stark gehindert, und deshalb wird die jährliche Temperatur-Amplitude der dünnen Oberflächenschicht verhältnismäßig sehr groß — mit sehr niedrigen Temperaturen im Winter und hohen im Sommer. Es ist daher einleuchtend, daß hier die Winde große Temperaturschwankungen hervorrufen können.

Wahrscheinliche Wirkung der Winde auf die Küstenwasser-Temperatur im Winter und Sommer.

Während der kältesten Zeit des Winters werden die verschiedenen Zustände der Atmosphäre in großen Zügen die folgende Wirkung auf der Oberflächen-Temperatur der norwegischen Westküste haben:

Bei ruhigem Wetter ist die Bewölkung meistens gering und die Ausstrahlung infolgedessen kräftig mit starker Abkühlung der Oberfläche, besonders in den inneren Teilen der Fjorde. Im offenen Meere ist diese Wirkung weit weniger hervortretend wegen der Vertikalzirkulation und weil die Ausstrahlung durch die trübere Luft weniger lebhaft ist. Daher steigt auch die Oberflächen-Temperatur des Meeres ganz bedeutend von den inneren Fjordteilen nach dem offenen Meere zu.

Wenn die *Winde vom Lande ab* wehen gibt es ebenfalls kaltes klares Wetter und starke Ausstrahlung (Abkühlung). Das kalte Oberflächen-Wasser wird aus den Fjorden seewärts getrieben und bewirkt eine weitere Erniedrigung der Temperatur im Scheerengürtel (»Skjærgaard«). Durch den Landwind wird auch das Meer verhältnismäßig wenig aufgewühlt.

Wenn die *Winde nach dem Lande zu* wehen, wird das wärmere Oberflächen-Wasser landwärts geführt. Da die Seewinde an der Westküste verhältnismäßig warm und von erhöhter Bewölkung gefolgt sind, wird die Ausstrahlung und deswegen die Abkühlung vermindert. Durch den Wellenschlag wird die Oberfläche erwärmt teils durch Mischung mit

unterliegenden wärmeren Wasserschichten, und teils durch Wärmeentnahme aus der Luft, die durch den Wellenbruch mit dem Wasser gemischt wird. Alle diese Ursachen haben eine Erhöhung der Oberflächen-Temperatur zu Folge.

In der wärmsten Zeit des Jahres müssen wir dagegen gerade das umgekehrte Verhältnis von dem, was oben ausgeführt wurde, erwarten. Dann wird die leichte Oberflächenschicht des Küstenwassers stark erwärmt und ist bedeutend wärmer als die unterliegenden Schichten, und auch wärmer als das Oberflächen-Wasser draußen auf offener See; bei Seewind muß man folglich erwarten, daß die Oberflächen-Temperatur der See bei den Leuchtfeuern vor der Küste, wie bei Ona Leuchtfeuer, sinkt, während sie steigen muß bei Landwind, oder wenn es verhältnismäßig still ist, so daß die Oberflächenschicht des Küstenwassers das alleinherrschende wird ¹.

Verhältnis zwischen Luftdruck-Gradienten und Wasser-Temperatur bei Ona und Torungen.

Wir wollen zuerst das Verhältnis zwischen den Oberflächen-Temperaturen der See bei *Ona* Leuchtfeuer an der norwegischen Westküste (von wo vollständige Reihen von Beobachtungen vorliegen) und den Winden (bestimmt durch die Richtung der Isobaren und die Größe des Druckgradienten) in der kältesten Zeit des Jahres, im Februar, und in der wärmsten Zeit, im August, untersuchen.

Wir haben in derselben Weise wie früher beschrieben wurde (S. 96) die Richtung der Isobaren und die Größe des Druckgradienten außerhalb Stad (auf 62° 30' N., 5° O.) gemessen, haben ihre mittlere Richtung und Stärke (durch progressive Vectordiagramme für die Elfjahrsperiode 1898—1908 bestimmt und haben für die kälteste Zeit des Jahres (Februar) den Wind mit plus bezeichnet, wenn die Isobaren bei Stad mehr gegen das Land zu gerichtet waren als normal, und mit minus, wenn sie mehr seewärts gerichtet waren. Für die warme Zeit des Jahres (August) wurde der Wind (d. h. Isobaren) umgekehrt mit minus bezeichnet, wenn er draußen vom Meere kam, und mit plus, wenn er mehr südlich war, als die mittlere Richtung.

¹ Allerdings kann Landwind auch zu dieser Zeit abkühlend auf die Oberflächen-Temperatur der See drin an der Küste wirken, dadurch daß er das wärmere Oberflächenwasser vom Lande wegtreibt und die kälteren, darunterliegenden Schichten an die Oberfläche heraufbringt; aber das gilt allein für die Fjorde und die See am nächsten an der Küste drin und kann z. B. kaum für eine Insel wie Ona gelten, die so weit draußen im Meere liegt.

Durch Multiplikation des Sinus zu den so erhaltenen Minus- oder Pluswinkeln (zwischen der Isobarenrichtung in den einzelnen Jahren und der Durchschnittsrichtung) mit den gefundenen Werten für den Luftdruckgradienten, in derselben Weise wie oben besprochen (S. 96 f.), erhalten wir die Werte, die in Tabelle 16 D angegeben und zu den Kurven B auf Tafel XLVII (Fig. 2, Februar) benutzt sind.

Die Kurve W für die Oberflächen-Temperaturen bei *Ona* Leuchfeuer im *Februar* zeigt eine auffallende Übereinstimmung mit der Kurve B für den Luftdruckgradienten für *Stad* im Februar (die voll ausgezogene Kurve), oder noch besser mit dem Mittel für Januar und Februar (die starke, gestrichelte Kurve), berechnet nach dem Verhältnis $\frac{1a + 2b}{3}$ (Tafel XLVII, Fig. 2 Februar).

Die Kurve der Oberflächen-Temperatur für *Ona* Leuchfeuer für *August* (Tafel XLVIII, Fig. 2 Juli—August, W, die starke voll ansgezogene Kurve) zeigt ebenfalls eine überraschende Übereinstimmung mit der Kurve des Druckgradienten für August (die voll ausgezogene Kurve B), oder noch besser mit der Kurve für das Mittel der Monate Juli und August (die starke gestrichelte Kurve B).

Wir haben folglich genau gefunden, was wir erwarteten: Die Temperatur des Küstenwassers bei *Ona* schwankt mit den Schwankungen des Luftdruck-Gradienten (d. h. der Winde), aber im August in gerade umkehrter Weise wie im Februar.

Wir wollen jetzt das Verhältnis zwischen der Luftdruckverteilung und der Oberflächen-Temperatur an der norwegischen Südküste bei *Torungen* Leuchfeuer untersuchen, wo die Verhältnisse völlig verschieden von denen bei *Ona* Leuchfeuer sind. Hier ist die ganze See, auch weit weg vom Land, in höherem Grade von Küstenwasser bedeckt, das längs der Küsten von dem reißenden Baltischen Strom geführt wird, der beinahe zu allen Zeiten mit seinem stark vermischten Wasser an dieser Stelle südwestwärts zieht. Wir können deshalb nicht erwarten, daß die örtlichen Winde den gleichartigen Einfluß auf die Oberflächenschichten haben können, wie bei *Ona* Leuchfeuer, je nachdem es Seewind oder Landwind gibt. Eher können wir erwarten, daß die Witterung die Abkühlung oder Erwärmung des Oberflächenwassers dieses Stroms beeinflusst, und hier spielen auch die Temperatur oder der Zustand der Atmosphäre selbst eine größere Rolle als bei *Ona*.

Es zeigt sich denn auch, daß die Schwankungen der Oberflächen-Temperatur bei *Torungen* im *Februar* nicht mit der Kurve für die örtlichen Windverhältnisse zusammenfällt, falls wir die Kurve in ähnlicher Weise wie bei *Ona* — d. h. plus für südliche (und östliche) Abweichung

von der Durchschnittsrichtung der Isobaren und minus bei westlicher (und nördlicher) Abweichung — berechnen. Indessen zeigt es sich, daß östliche Winde eine starke Neigung haben, niedrige Oberflächen-Temperatur hervorzurufen, während westliche Winde hohe hervorrufen. Wir wollen deshalb die Grenzscheide bei der Isobarenrichtung setzen, die von S. 10^0 O. gegen N. 10^0 W. verläuft, und dann die Winde oder Isobarenrichtungen, die aus dem Gebiet westlich dieser Scheide kommen, für plus rechnen und die, welche östlich davon herkommen, für minus, aber im übrigen in derselben Weise wie schon oben rechnen. Dann erhalten wir Kurven für den Luftdruck-Gradienten, die merkwürdig gut mit der Kurve für die Oberflächen-Temperatur bei Torungen Leuchtfeuer im Februar übereinstimmen (siehe Tafel XLVII, Fig. 2, Torungen die Kurven W und B). Die Übereinstimmung ist ganz überraschend groß, entweder wir die Kurve des Luftdruck-Gradienten für den *Februar* allein (die voll ausgezogene Kurve B) nehmen, oder, noch besser sogar, das Mittel für den *Januar* und *Februar*, berechnet nach dem Verhältnis $\frac{1a + 2b}{3}$ (die starke, gestrichelte Kurve B). Es besteht hier nur eine einzige Ausnahme von der vollständigen Übereinstimmung, nämlich im Jahre 1907, wo die Oberflächen-Temperatur bei Torungen etwas niedriger war, als sie im Verhältnis zum Luftdruck-Gradienten sein sollte. Aber auch dessen Kurven zeigen ein Sinken im Januar sowohl wie im Februar dieses Jahres.

In der wärmsten Zeit des Jahres, im *Juli* und *August*, ist die Übereinstimmung zwischen den Kurven des Luftdruck-Gradienten und der Kurve für die Oberflächen-Temperatur für *August* bei Torungen wenig gut, wie aus Tafel XLVIII, Fig. 2 hervorgeht. Wir mußten aber auch erwarten, daß in diesem Fahrwasser zu dieser Jahreszeit so viele Umstände bei der Erwärmung und Abkühlung des Meeres mit hereinspielen, daß keine gute Übereinstimmung zu finden wäre.

Wollen wir jetzt die Verhältnisse auch in anderen Monaten untersuchen. Für die anderen kalten Monate finden wir bei Torungen eine gute Übereinstimmung zwischen der Kurve der Oberflächen-Temperatur für den *Januar* und der Kurve des Luftdruck-Gradienten für *Januar* (Tafel XLVII, Fig. 1), berechnet wie oben, während dagegen die Kurve für den *Dezember* keine Ähnlichkeit aufweist, ebenso wenig wie die mittlere Kurve für Dezember und Januar.

Die Kurve der Oberflächen-Temperatur (W) für *März* bei Torungen zeigt eine ausgezeichnete gute Übereinstimmung mit der Kurve des Luftdruck-Gradienten für *März* (Tafel XLVIII, Fig. 1, die voll ausgezogene Kurve B), und eine noch bessere sogar für das Mittel zwischen Februar und März (die starke, gestrichelte Kurve B).

In den anderen Monaten des Jahres müssen wir bei Torungen schlechtere Übereinstimmung zwischen der Kurve des Luftdruck-Gradienten und der Kurve der Oberflächen-Temperatur erwarten, weil dann ja so viele verschiedene Wirkungen sich geltend machen.

Wir finden eine einigermaßen leidliche Übereinstimmung zwischen der Kurve der Oberflächen-Temperatur für *Ona* für den *Januar* und der Kurve des Luftdruck-Gradienten (für *Stad*) für den *Januar*, aber es kommen auch Ausnahmen für mehrere Jahre (1896, 1897, 1904, 1910) vor; das Verhältnis wird auch nicht besser, wenn wir die Kurve für *Dezember* (siehe Tafel XLVII, Fig. 1) hinzufügen.

Die Kurve der Oberflächen-Temperatur für *März* bei *Ona* Leuchfeuer weist merkwürdig geringe Übereinstimmung mit der Kurve des Luftdruck-Gradienten für *März* auf. Dagegen hat sie eine auffallende Ähnlichkeit mit der Kurve der Luftdruck-Gradienten für *Februar*, ebenso wie auch mit der mittleren Kurve für *Februar* und *März* (Tafel XLVIII, Fig. 1).

In den anderen Monaten des Jahres sind die Übereinstimmungen zwischen den Kurven für die Schwankungen der Oberflächen-Temperatur und den Schwankungen des Luftdruck-Gradienten weniger gut. So besteht z. B. im *Dezember* geringe oder keine Ähnlichkeit zwischen den Kurven, und in den anderen Monaten wird sie sich sicherlich als noch geringer herausstellen. Dies beruht darauf, daß in diesen Monaten die Verhältnisse verwickelter werden, und außerdem machen sich hier auch verschiedene andere Verhältnisse geltend. Man muß ja erinnern, daß die Verhältnisse im Winter und im Sommer entgegengesetzt sind und deswegen in der Zwischenzeit allerlei Zwischenzustände auftreten können.

Auf unseren Figuren sind auch die Kurven für die Oberflächen-Temperatur (*W*) bei *Hellisö* und *Utsire* Leuchfeuer eingezeichnet. Die Kurven für *Hellisö* zeigen durchgehends am meisten Ähnlichkeit mit den Kurven des Luftdruck-Gradienten für *Stad*, während die Kurven für *Utsire* vielleicht eher größere Ähnlichkeit mit den Kurven des Luftdruck-Gradienten für *Torungen* aufweisen. Aber im großen ganzen kann man von den Kurven für diese beiden Stationen wohl sagen, daß sie einen Übergang zwischen den Kurven für *Torungen* und den Kurven für *Stad* und *Ona* bilden.

Verhältnis zwischen Luftdruck-Gradienten und Luft-Temperatur bei *Ona*, *Torungen* und in ganz *Norwegen*.

Auf unseren Figuren haben wir auch die Kurven für die Lufttemperatur bei *Ona*, bei *Torungen*, wie auch in ganz *Norwegen* (berechnet nach den Beobachtungen an den 22 meteorologischen Hauptstationen) eingezeichnet

in den verschiedenen Monaten, die untersucht worden sind. Auch für diese Lufttemperatur-Kurven zeigt sich eine merkwürdige Übereinstimmung mit den Kurven des Luftdruck-Gradienten. Beachte: die Temperatur-Maßstäben sind doppelt so groß für die Wasser-Kurven (W) wie für die Luft-Kurven (L).

Für *Januar*, *Februar* und für *März* läßt die Kurve für *Torungen*, die für ganz *Norwegen* und teilweise auch die für *Ona* eine größere Übereinstimmung mit den entsprechenden Luftdruck-Kurven für *Torungen* erkennen, als mit diesen Kurven für *Stad*, aber immerhin besteht große Ähnlichkeit mit beiden.

Im *Januar* zeigen die Kurve der Lufttemperatur für *Ona* und für ganz *Norwegen* eine auffallende Ähnlichkeit (Tafel XLVII, Fig. 1, L *Ona* und L *Norwegen*). Diese zwei Kurven zeigen gewisse Übereinstimmungen mit den Druckgradienten-Kurven (B) für *Stad* wie für *Torungen*.

Im *Februar* stimmt die Kurve der Lufttemperatur für *Ona* besser mit der Kurve des Luftdruck-Gradienten für *Torungen* als für *Stad*; besonders auffallend ist dies im Jahre 1901 (und auch in 1910) wenn die Kurve der Oberflächen-Temperatur für *Ona* einen ganz anderen Verlauf in Übereinstimmung mit der Luftdruck-Kurve für *Stad* zeigt. Die Lufttemperatur-Kurven für *Torungen* und für ganz *Norwegen* sind der Lufttemperatur-Kurve für *Ona* ganz ähnlich und stimmen sehr gut mit den Kurven des Luftdruck-Gradienten für *Torungen*. Charakteristisch für alle drei Lufttemperatur-Kurven ist z. B. die Steigung vom Jahre 1900 bis 1903. Dieselbe Steigung finden wir auch in der Kurve des Luftdruck-Gradienten für *Torungen*, und zwar sowohl für *Februar* wie auch für das Mittel zwischen *Januar* und *Februar*, dagegen nicht in der Luftdruck-Kurve für *Ona* für den Monat *Februar*, die ein ausgeprägtes Maximum im Jahre 1901 zeigt, das noch stärker ausgeprägt in der Kurve der Oberflächen-Temperatur für *Ona* ist, sich dagegen nicht in der Kurve der Luft-Temperatur findet. Die Erklärung ist offenbar die: Die Winde, d. h. die Isobaren, für *Februar* in diesem Jahr hatten eine stark nördliche Richtung bei *Stad* und bei *Ona* Leuchtfeuer und kamen aus dem Eismeer. Es war Seewind, der die Oberflächen-Temperatur bei *Ona* zum Steigen brachte, aber gleichzeitig kalte Luft über *Norwegen* hereinbrachte und die Lufttemperatur im *Februar* sowohl bei *Ona* und *Torungen* wie auch in ganz *Norwegen* verhältnismäßig niedrig machte. Dieser starke nördliche Wind scheint indessen nicht besonders günstig für die Steigerung der Oberflächen-Temperatur bei *Hellisö* oder *Utsire* gewesen zu sein, und am allerwenigsten bei *Torungen*, da die Kurven für diese

Stellen kein Steigen entsprechend dem Maximum aufweisen, das wir bei Ona finden.

Im *März* zeigt die Kurve der Lufttemperatur bei Ona keine besonders gute Übereinstimmung mit den Kurven des Luftdruck-Gradienten weder für Stad noch für Torungen. Die Kurven des Lufttemperatur für Torungen und für ganz Norwegen zeigen am meisten Ähnlichkeit mit der Kurve des Luftdruck-Gradienten für Torungen für den Monat März, aber dennoch bestehen recht viele Unstimmigkeiten, wie die Fig. 1 auf Tafel XLVIII zeigt.

Für den *August* zeigen die Lufttemperatur-Kurven für Ona und ganz Norwegen gute Übereinstimmung mit den Luftdruck-Kurven (August und Mittel Juli—August) für Stad.

Übereinstimmung zwischen den Temperatur-Schwankungen im Küstenwasser und in der Luft über Skandinavien. Beide von der Luftdruck-Verteilung bestimmt.

Aus dem Obigen können wir dann mit Sicherheit feststellen, daß die Schwankungen in der Luftdruckverteilung die Schwankungen sowohl der Oberflächen-Temperatur an der norwegischen Küste (Ona und Torungen) wie auch der Lufttemperatur in Norwegen während der kältesten und der wärmsten Zeit des Jahres bedingen. Da die Luftdruckverteilung (Wind) eine gleichzeitige Wirkung auf die Temperatur des Küstenwassers und die Lufttemperatur des Landes hat, können wir erwarten, daß diese beiden Temperaturen einander folgen, und zwar so, daß die charakteristischen Schwankungen ein wenig früher in der Luft als im Wasser zum Vorschein kommen. Eine solche Übereinstimmung kann nicht nur lokal sein, sondern muß sich über große Gebiete zeigen, weil ja die Luftdruckverteilung selbst solch einen ausgedehnten Wirkungskreis hat. Wenn man z. B. die Temperatur-Schwankungen für ganz Norwegen mit denjenigen in Stockholm vergleicht, findet man eine vollständige Übereinstimmung. Wir werden später zu einem solchen Vergleich zurückkommen (Fig. 75).

Um diese Auseinandersetzungen näher zu prüfen haben wir eine vergleichende Untersuchung zwischen den Temperatur-Schwankungen an den norwegischen Leuchtfeuer-Stationen Torungen, Utsire, Hellisö und Ona und den Temperatur-Schwankungen an einem so entfernten Ort wie Stockholm vorgenommen. Die Ergebnisse sind aus Fig. 53 ersichtlich. Das Kurvenpaar A zeigt die Schwankungen der Temperatur-Abweichungen von Monat zu Monat während 37 Jahre (1874—1910); aus den Monatswerten haben wir fortlaufende 12-Monats-Mittel gebildet (Kurven B) und daraus weiter 24-Monats-Mittel (Kurven C) um

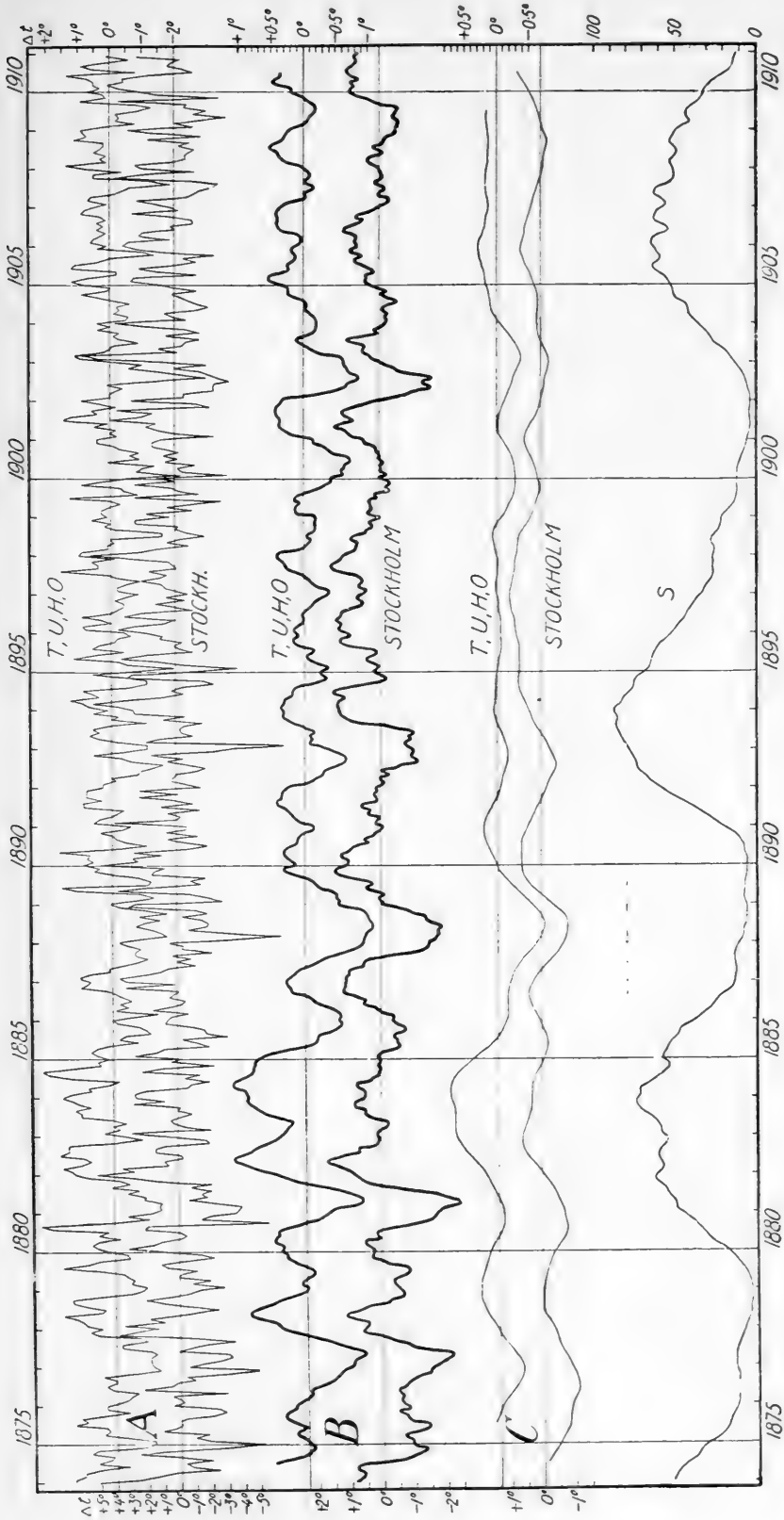


Fig. 53. Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur an der norwegischen Küste (T, U, H, Δ) = Torungen, Utsire, Hellsø und Ona) und der Luft-Temperatur in Stockholm. B: die Monatsmittel in fortlaufender 12-monatlicher Ausgleitung. C: dieselben in fortlaufender 24-monatlicher Ausgleitung. S: die Relativzahlen der Sonnenflecken in 12-monatlicher Ausgleitung.

etwaige periodischen Erscheinungen zu studieren; die Sonnenflecken-Kurve (S) ist zuunterst auf der Figur gezeichnet. Die Temperatur-Maßstaben sind doppelt so groß für das Küstenwasser (Maßstab rechts) wie für die Luft (links) gemacht, weil die Schwankungen der Lufttemperatur viel größer als diejenigen der Oberflächen-Temperatur sind. Die Schwankungen zeigen sonst untereinander eine auffallende Übereinstimmung. Aus den zackigen Kurven A sieht man wie dies sogar in den meisten Einzelheiten zutrifft; man sehe z. B. wie die schnell nach einander folgenden großen Schwankungen in 1889, 1894—95, 1899 u. s. w. fast ganz parallel verlaufen. Es kommt doch oft eine kleine Verschiebung unter den Kurven vor, indem die ausgeprägten Maxima oder Minima eine Neigung aufweisen etwas früher in der Luft in Stockholm als im norwegischen Küstenwasser aufzutreten. Es kann sich vielleicht im allgemeinen um einige Tage oder ein Paar Wochen handeln, und zeigt sich somit ziemlich häufig auch in den von uns benutzten Monatsmitteln. Das umgekehrte — ein früheres Auftreten der Extreme im Wasser als in der Luft — kommt nur ganz ausnahmsweise vor. In den ausgeglichenen Kurven B und C findet man auch einen ausgeprägten Parallelismus mit einer ähnlichen Andeutung zu Verschiebung wie bei den A-Kurven. Bei den C-Kurven — wo periodische Schwankungen von zwei Jahren oder rationelle Teile davon eliminiert sind und hauptsächlich nur größere Perioden zum Vorschein kommen — ist eine solche Verschiebung ganz deutlich; die Maxima und Minima treten in den meisten Fällen früher in der Kurve für Stockholm als in derjenigen für die norwegischen Leuchtstationen auf.

Aus dieser beinahe gleichzeitig auftretenden und merkwürdig genauen Übereinstimmung zwischen den Kurven geht es mit aller Schärfe hervor, daß kein Kausalverhältnis zwischen den Schwankungen der Oberflächen-Temperatur an der norwegischen Küste und den Schwankungen der Lufttemperatur in Skandinavien besteht, sondern daß beiderlei Schwankungen dieselbe Ursache haben müssen, und zwar so, daß die Wirkung ein wenig früher in der Luft als im Küstenwasser auftritt.

Die unmittelbare gemeinsame Ursache der kurzdauernden Schwankungen ist unsrer Meinung nach unzweifelhaft in die Schwankungen in der Luftdruckverteilung zu suchen, was ja auch aus unseren oben beschriebenen Untersuchungen über das Verhältnis zwischen der Luftdruckverteilung und der Oberflächen-Temperatur bei Ona und Torungen deutlich hervorgeht. Wir werden später noch schönere Beweise für die Richtigkeit dieser Annahme erwähnen.

Es ist folglich einleuchtend, daß die Oberflächen-Temperatur an der norwegischen Küste nicht als ein Maßstab für die Temperaturschwankungen in den Wassermassen des warmen Atlantischen Stromes im Nordmeer unmittelbar benutzt werden kann, so wie PETTERSSON und MEINARDUS getan haben. Es ist in dieser Verbindung interessant zu bemerken, daß Pettersson die beste Übereinstimmung zwischen der Oberflächen-Temperatur an den norwegischen Küsten und der Lufttemperatur in Schweden gerade im Februar findet, und nicht so gut im Januar; das entspricht ja genau was wir gefunden haben, daß die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur bei Ona und an den anderen norwegischen Leuchtfeuer-Stationen im Februar noch vollkommener mit den Schwankungen in den Windverhältnissen übereinstimmen, als im Januar.

IX. Die Periodizität in den Schwankungen der Oberflächen-Temperatur des Atlantischen Ozeans und der Luft-Temperatur des Kontinents.

Wenn wir jetzt zur Untersuchung der möglichen Ursache zu diesen Schwankungen übergehen wollen, ergibt es sich ganz von selbst als natürlich, erst zu untersuchen, ob sie ganz aperiodisch sind oder ob irgendetwelche bestimmte Perioden sich in ihnen wahrnehmen lassen.

Leider ist die Untersuchungs-Reihe, die uns für den Atlantischen Ozean zur Verfügung gestanden hat, zu kurzwierig, um die Perioden mittels einer allgemeinen harmonischen Analyse studieren zu können. Indessen haben wir versucht, eine angenäherte Analyse aus den gefundenen Mittel-Temperaturen für die ganze untersuchten Strecke quer über den Nordatlantischen Ozean für die Jahresreihe 1898 bis 1910 zu machen.

Die Tabelle auf Seite 61 gibt die gefundenen Anomalien der Mittel-Temperaturen für die Oberfläche in dem ganzen von uns untersuchten Gebiet des nördlichen Atlantischen Ozeans zwischen Amerika und Europa an, vgl. auch Fig. 29 (die dänischen Felder nördlich von 50° N. Br. sind nicht mitgerechnet). Diese Werte haben wir in verschiedenem Grad ausgeglichen, entsprechend den Perioden, die wir haben eliminieren wollen. Die Elimination wurde in der gewöhnlichen Weise nach der Formel:
$$X = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n}$$
 ausgeführt. Wir haben zuerst eine Zweijahrs-Periode, dann eine Dreijahrs-Periode, und schließlich eine Fünfjahrs-Periode eliminiert.

Die Ergebnisse sind auf Fig. 54 dargestellt. Die Kurve *a* zeigt die ursprünglich gefundenen Anomalien der Mittel-Temperaturen. Die Kurven *b*, *c* und *d* zeigen die Werte nach der Elimination von beziehungsweise einer

Zwei-, Drei- und Fünfjahrs-Periode. Bei den beiden letzten Kurven (*c* und *d*) haben wir das Ergebnis nach der Dreijahrs-Elimination der kürzeren Perioden durch voll ausgezogene Linien dargestellt; die gestrichelte Linie *c* zeigt das Ergebnis nach der Dreijahrs-Elimination direkt aus den beobachteten Werten (dargestellt in Kurve *a*), also ohne die durch die

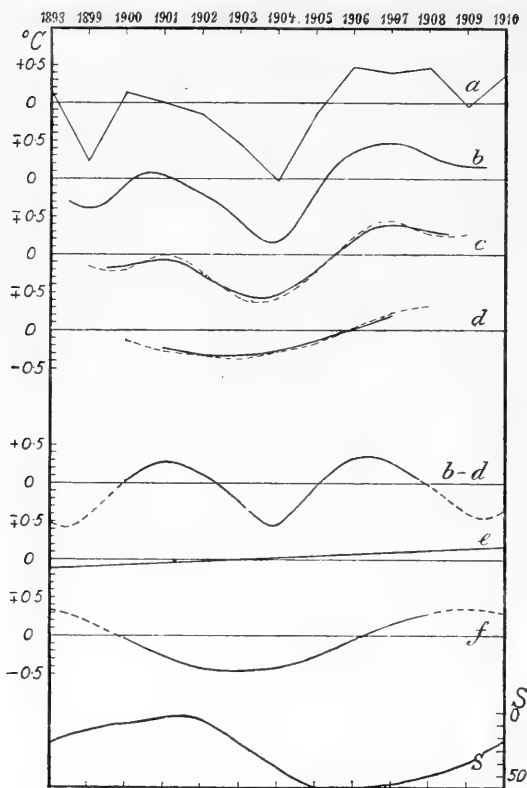


Fig. 54. Die Mittel-Temperaturen des Nordatlantischen Meeres (Kanal—New-York) für Februar (*a*) nach einer Zweijahrs- (*b*), Dreijahrs- (*c*), und Fünfjahrs-Ausgleichung (*d*). *b-d*: Kurve für die Differenz zwischen *b* und *d*. *e*: Kurve einer möglichen Brückner-Periode. *f*: die Werte der Kurve. *d*: nach Elimination der Werte der Kurve *e*.

S: die umgekehrte Sonnenflecken-Kurve.

verschiedenen Eliminationen wird die Amplitude der periodischen Veränderungen etwas vermindert, und bei der Konstruktion der Kurve *f* auf Fig. 54 haben wir auf diese Reduktion Rücksicht genommen und die vollen Werte ($f = \frac{10}{7} d - e$) benutzt, die nach Schreibers Formel [vgl. WALLÉN 1913] gefunden sind.

Die Kurve kann, wie man mit Billigkeit annehmen zu dürfen scheint, einen Teil einer Sonnenflecken-Periode darstellen. Indem man die Kurve in der Weise verlängert, wie die gestrichelten Linien zeigen, erhält man

Zweijahrs-Ausgleich erhaltenen Werte zu berücksichtigen. In derselben Weise zeigt die gestrichelte Linie *d* das Ergebnis einer Fünfjahrs-Ausgleichung direkt aus den ursprünglichen Werten. Die Kurven *d* haben einen sehr gleichmäßigen Verlauf; die gestrichelte erstreckt sich über 8 Jahre. In den Restwerten, die diese Kurve darstellt, können Perioden von längerer Dauer vorkommen. Es liegt nahe, an die 11jährige Sonnenflecken-Periode und die Brückner-Periode zu denken. — Kurve *e* zeigt einen Teil einer möglichen Brückner-Periode. Falls die hypothetischen Werte, die von dieser Kurve dargestellt werden, aus den Werten eliminiert werden, die in Kurve *d* dargestellt sind, findet man die Werte, die in Kurve *f* dargestellt werden. Bei den

eine regelmäßige Kurve, wo der Abstand zwischen zwei aufeinander folgende Maxima ungefähr 11 Jahre beträgt. Die Sonnenflecken-Kurve selbst ist zuunterst auf der Figur (S) umgekehrt eingezeichnet.

Die Zweijahrs-Periode ist für die Temperaturen im Nordatlantischen Ozean von untergeordneter Bedeutung. Es ist ja sinngemäß, daß so kurzwierige Perioden für ein so großes Gebiet verschwinden müssen; für sie werden ja auch oft verschiedene Phasen innerhalb der verschiedenen Klima-Gebiete bestehen. Die Dreijahrs-Periode ist stärker hervortretend. — Aber besonders hervortretend ist die Periode von 5 oder eher $5\frac{1}{2}$ Jahren (die halbe Sonnenflecken-Periode), wie aus der Kurve *b—d* hervorgeht. Diese ist mit Hilfe der Differenz zwischen den Werten entstanden, die in den Kurven *b* und *d* dargestellt sind und sollte deshalb die Fünfjahrs-Periode beinahe allein zeigen.

Hiermit kann es billig erscheinen, anzunehmen, daß wirkliche Perioden in den Temperatur-Schwankungen in der Oberfläche des Atlantischen Ozeans vorhanden sein können. Diese Perioden brauchen selbstverständlich nicht primär für die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Meeres zu sein, sondern können durch dieselben Perioden z. B. in der Luftdruckverteilung hervorgerufen sein. Indessen ist, wie oben hervorgehoben wurde, unsere Beobachtungsreihe allzu kurzwierig, um sichere Schlüsse daraus ziehen zu können.

Hierzu kommt, daß wir zur Analyse oben nur Beobachtungen aus dem Februar benutzt haben; aber nach dem, was wir schon hervorgehoben hatten, hat es den Anschein, als ob die Temperatur in der Oberfläche des Atlantischen Ozeans im Februar für das ganze Jahr kennzeichnend ist, und daß demnach die Schwankungen, die wir dabei beobachten, meist mit den Schwankungen für das ganze Jahr zusammenfallen. Aus anderen Teilen des Atlantischen Ozeans haben wir Untersuchungen für jeden Monat im ganzen Jahr für ungefähr dieselbe Zeit, wie sie oben behandelt war. Dies gilt für die früher erwähnten dänischen Felder nördlich von 50° N.Br., und außerdem haben wir durch das Entgegenkommen des Internationalen Zentral-Büros in Kopenhagen Tabellen mit den monatlichen Mittel-Temperaturen für den Zeitraum 1900—1913 für drei Felder im südlichen Nordatlantischen Ozean, zwischen 36 und 37° N., zwischen 20 und 21° N. und zwischen 0 und 1° N. überlassen bekommen.

Auf Fig. 55 haben wir die vier Jahreskurven für die vier nördlichen dänischen Felder (Kurven I—IV) dargestellt, sowie die Kurven für die drei Felder des Zentral-Büros, (Kurven V—VII) nachdem die Werte durch sukzessive 12-Monats-Mittel ausgeglichen waren.

Auch hier finden wir denselben Gegensatz, den wir schon früher betont haben, zwischen der Kurve für das östliche dänische Feld $0-9^{\circ}$ W-Lg. (Kurve I) und den Kurven für die westlichen dänischen Felder $20-29^{\circ}$ W-Lg. und $30-39^{\circ}$ W-Lg., weiter draußen im Atlantischen Ozean

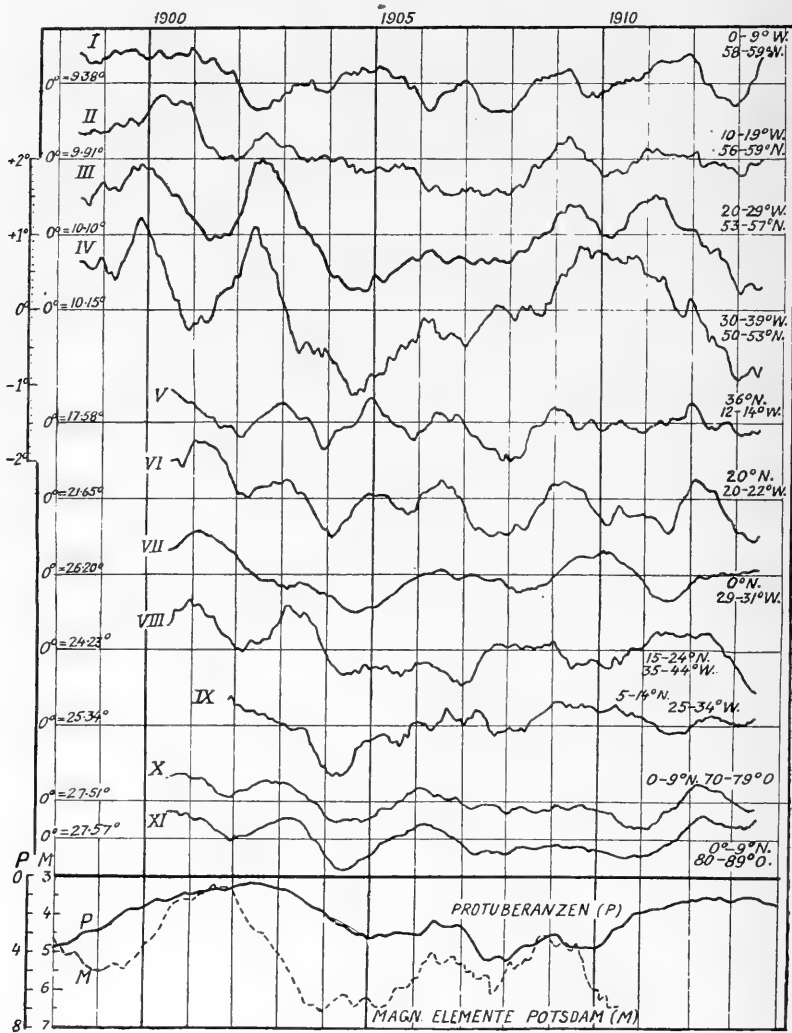


Fig. 55. Die Temperatur-Kurven (durch sukzessive 12-Monats-Mittel ausgeglichen) für die dänischen Felder (I-IV), für die drei Felder vom Zentral-Büro (V-VII), für die holländischen 10-Grad-Quadrate im Atlantik (VIII-IX) und im Indischen Ozean (X-XI). Die umgekehrte Protuberanzen-Kurve (P) ist nach den Beobachtungen in Palermo und Catania gezeichnet (Skala P links). M gibt die Charakter-Werte für den Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam (Skala M links).

(Kurven III und IV). Die Kurve I zeigt sogar eine Neigung zum umgekehrten Gang der letzten Kurven, während Kurve II für das zwischenliegende Zehn-Längengrad-Feld einen Übergang zwischen beiden Kurventypen bildet. Von den Kurven für die drei südlichen Felder zeigt

Kurve V für das nördlichste Feld, nahe der portugisischen Küste am meisten Ähnlichkeit mit der Kurve I, während Kurve VII für das Feld am Äquator mehr mittendrein im Atlantischen Ozean, was zu erwarten ist, am meisten Ähnlichkeit mit den Kurven III und IV aufweist.

Auf Fig. 55 sind auch die Kurven der Jahrestemperaturen (durch sukzessive 12-Monats-Mittel ausgeglichen) für die zwei früher erwähnten (S. 70 ff.) holländischen 10-Grad-Quadrate im Atlantischen Ozean ($15-24^{\circ}$ N-Br., $35-44^{\circ}$ W-Lg., und $5-14^{\circ}$ N-Br., $25-34^{\circ}$ W-Lg., Kurven VIII und IX) und im Indischen Ozean ($0-9^{\circ}$ N-Br., $70-79^{\circ}$ O-Lg., und $0-9^{\circ}$ N-Br., $80-89^{\circ}$ O-Lg.; Kurven X und XI) hinzugefügt.¹ Kurve IX hat — wie zu erwarten wäre — viel Ähnlichkeit mit Kurve VII für das Feld am Äquator. Die zwei Kurven X und XI für den Indischen Ozean haben auch viel Ähnlichkeit mit diesen atlantischen tropischen Kurven. Dagegen hat die Kurve VIII für das nordwestlichste holländische Feld ($15-24^{\circ}$ N-Br., $35-44^{\circ}$ W-Lg.) einen mehr gemischten Charakter; der erste Teil bis zu dem Jahre 1905, der 1906, hat viel Ähnlichkeit mit den Kurven V und VI, und auch mit den Kurven X und XI des Indischen Ozeans, während der letzte Teil wenig Ähnlichkeit mit den anderen Kurven aufweist, und geht zum Teil umgekehrt wie die mehr äquatorialen Kurven VII und IX.

Es wurde früher (S. 41 f.) gezeigt, daß die monatlichen Temperaturwerte für Petersens einzelnen Stationen im Nordatlantischen Ozean längs der Route Kanal—New-York nicht als ganz zuverlässig betrachtet werden können, besonders nicht im westlichen Teil des Ozeans. Wenn wir aber nur die Temperaturen der östlichen Stationen, östlich von 47° W-Lg., benutzen, (vgl. Fig. 13, S. 42.), und die monatlichen Mittel für je zwei und zwei Stationen kombinieren, wäre es zu erwarten, daß wir einigermaßen zuverlässige Werte erhalten werden, besonders wenn sie durch sukzessive 12-Monats Mittel ausgeglichen werden, denn die Temperatur-Verhältnisse sind ja in diesen Teilen des Meeres, besonders in dem östlichsten Teile (östlich von 40° W-Lg.) ziemlich gleichartig über großen Strecken. Die vier Kurven P VII-VIII—P I-II auf Fig. 56, geben die in dieser Weise erhaltenen sukzessive 12-Monats Temperatur-Mittel für Petersens Stationen VIII und VII zusammen (Kurve P VII-VIII), VI und V (P V-VI), IV und III (P III-IV), und II und I (P I-II); ferner die entsprechenden Kurven für Liepe's Stationen I, II, III, V—VIII (die Kurven L. I—L. VIII).

¹ Zwar können, wie auf S. 70 erwähnt, die gefundenen Werte der Temperatur für diese holländischen Felder im Atlantischen Ozean nicht als sehr zuverlässig betrachtet werden, da die Felder zu groß und die Beobachtungen in jeden Monat zum Teil sehr wenige sind. Trotzdem kann man vielleicht hoffen, daß die schlimmsten Ungenauigkeiten in den 12-Monats Mitteln eliminiert werden. Die Temperatur-Werte für die beiden Felder des Indischen Ozeans sind besser, da die Beobachtungen hier viel zahlreicher sind, und die Verhältnisse mehr gleichartig.

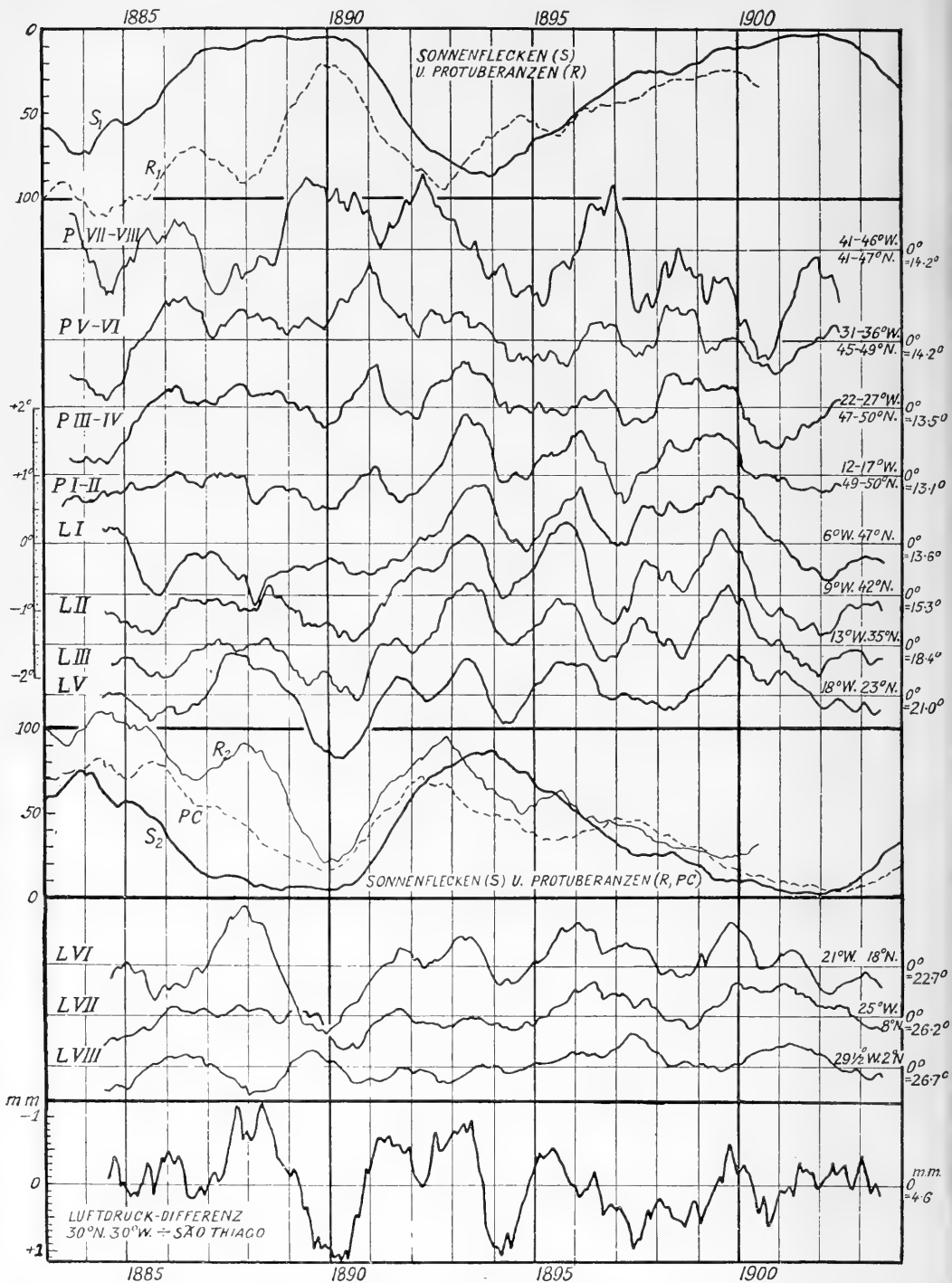


Fig. 56. Temperatur-Kurven (durch sukzessive 12-Monats-Mittel ausgeglichen) für Petersens Station I–VIII (P VII–VIII–P I–II) im Nordatlantik (Kanal–New-York) und für Liepes Stationen I–VIII (L I–L VIII) im Nordatlantik (zwischen 48° N. und 2° N.). S_1 , R_1 : die umgekehrte Kurven für Sonnenflecken und Protuberanzen (nach Beobachtungen im Osservatorio del Collegio Romano). S_2 , R_2 : dieselben Kurven direkt, PC , die Protuberanzen nach Beobachtungen in Palermo und Catania. Zuunterst die umgekehrte Kurve für die Differenz des Luftdrucks zwischen 30° N.Br., 30° W.-Lg. und São Thiago (Kapverdischen Inseln).

Wir sehen daß die Kurven für Petersens Stationen mit einander ganz gut übereinstimmen. Die größten Unstimmigkeiten finden wir in Kurve P VII-VIII für Stationen VIII und VII, die zwei westlichsten von den benutzten Stationen, wo es ja auch zu erwarten ist, da die Isothermen hier näher zusammen liegen (siehe Fig. 7, und vgl. S. 42). Sonst findet man allmähliche Übergänge in diesen Kurven von Westen gegen Osten, und dann weiter Übergänge von der Kurve P I-II, für Petersens östlichste Stationen II und I, zu den Kurven für Liepes Stationen I und II (Kurven L I, L II.) und weiter südwärts.

Die Entwicklung in diesen Kurven ist so allmählich, daß man, ohne die Grenze zu bemerken, in den Kurven L III, L V und L VI einen Typus erhält, der in wesentlichen Zügen dem Typus der Kurven P VII-VIII und P V-VI entgegengesetzt ist; in großer Ausdehnung gibt es Maxima in den letzteren Kurven gegen Minima in den ersteren. Dies ist gerade derselbe Gegensatz den wir früher mehrmals hervorgehoben haben (S. 59, 65, 66, 72 ff.) zwischen den Temperatur-Schwankungen in den mittleren Teilen des Nordatlantischen Ozeans (Kurven P VII-VIII, P V-VI, und L VII, L VIII) und in den östlichsten Teilen desselben (Kurven L I—L VI). Wir sehen hier, daß dieser östliche Strich südwärts mindestens bis zu Liepes Station VI auf 18° N-Br. (zwischen Afrika und den Cap Verde Inseln) reicht.

Alle diese Kurven auf Fig. 55 und 56 zeigen wieder die große Übereinstimmungen in den Temperatur-Schwankungen, die besteht, auf der einen Seite über weiten Strecken der mittleren Teile des Atlantischen Ozeans und auch des Indischen Ozeans, und auf der anderen Seite über weiten Strecken der östlichsten Teile des Atlantischen Ozeans (zwischen den Tropen und mindestens 60° N-Br.).

Unsere Fig. 56 zeigt noch mehr: die Kurven der mittleren Teile des Ozeans (Kurven P VII-VIII—P III-VI, L VII, L VIII) haben zum Teil Ähnlichkeit mit den umgekehrten Kurven der Sonnenflecken und Protuberanzen (Kurven S_1 und R_1 zuoberst auf der Figur), während die Kurven der östlichsten Teile des Ozeans, besonders die Kurven L II—L VI, mehr Ähnlichkeit mit den direkten Kurven der Sonnenflecken und Protuberanzen (Kurven S_2 , R_2 , und PC.) haben.

Wie man sehen wird, bestehen in diesen verschiedenen Kurven Andeutungen von einer Zweijahrs-Periode (s. Fig. 55 Kurven I, V, VI; Fig. 56 Kurven PI-II, L II—L V) und einer Dreijahrs-Periode (s. besonders Fig. 55 Kurven III, IV, und VII—XI, Fig. 56 Kurven P VII-VIII—P III-IV usw.). Diese Dreijahrs-Periode stimmt mit der entsprechenden Periode der Protuberanzen ganz deutlich überein, vgl. z. B. auf Fig. 56

die Kurven LV und LVI mit Kurve R_2 für die Protuberanzen (von Osservatorio del Collegio Romano). Wie oben hervorgehoben zeigen die Kurven auch gewisse Ähnlichkeiten mit der Sonnenflecken-Kurve, was eine Eltjahrs-Periode andeuten sollte. Um diese Periode deutlicher hervorzuheben haben wir die Jahresmittel (Kalenderjahr) der Temperatur für verschiedenen Felder genommen, und haben sie einer Dreijahrs-Ausgleichung unterzogen.

Auf Fig. 57 haben wir die in dieser Weise erhaltenen Temperatur-Werte für Felder des mittleren Teils des Nordatlantiks in Kurven dargestellt, und zwar: für die dänischen Felder $20-29^\circ$ W-Lg., und $30-39^\circ$

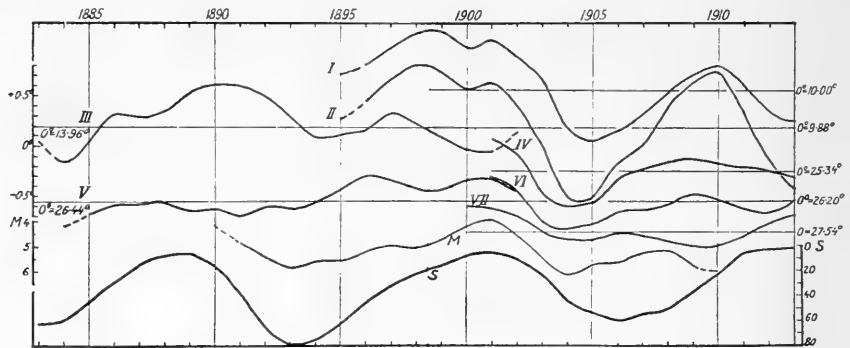


Fig. 57. Dreijahrs-ausgeglichene Kurven der Oberflächen-Temperatur I: für das dänische Feld $20-29^\circ$ W-Lg., $53-57^\circ$ N.Br. II: für das dänische Feld $30-39^\circ$ W-Lg., $50-53^\circ$ N.Br. III: für Petersens Stationen III—VIII ($22-46^\circ$ W-Lg.). IV: für das holländische 10-Grad-Quadrat auf $5-14^\circ$ N.Br., $25-34^\circ$ W-Lg. V: für Liepes südlichste Stationen VII—VIII ($2-8^\circ$ N.Br.). VI: für das äquatoriale Feld auf 0° N.Br., $29-31^\circ$ W-Lg. (vgl. Fig. 55, VII). VII: für die beiden holländischen Felder im Indischen Ozean auf $0-9^\circ$ N.Br., $70-89^\circ$ O-Lg. (vgl. Fig. 55, X u. XI). M: für den Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam (Skala links, Kurve umgekehrt). S: für die Relativzahlen der Sonnenflecken (Skala rechts, Kurve umgekehrt).

W-Lg. (Kurven I und II), für Petersens Stationen III—VIII in einer Kurve zusammengerechnet (Kurve III), für das holländische 10-Grad-Quadrat auf $5-14^\circ$ N.Br., und $25-34^\circ$ W-Lg. (Kurve IV), für Liepes Stationen VII—VIII (Kurve V), für das äquatoriale Feld des Internationalen Zentral-Büros (0° N.Br., $29-31^\circ$ W-Lg., Kurve VI). Endlich haben wir eine ähnliche Kurve (VII) für die beiden holländischen 10-Grad Quadrate im Indischen Ozean hinzugefügt. Unten auf Fig. 57 findet man noch eine Kurve S für die Relativzahlen der Sonnenflecken, und M für den Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam (Charaktermittel nach Eschenhagens System). Die Werte beider Kurven S und M sind durch einer Dreijahrs-Ausgleichung erhalten, und die Kurven sind *umgekehrt*.

Im großen ganzen zeigen diese Temperatur-Kurven I—VII unverleugbare Übereinstimmung mit der Sonnenflecken-Kurve ob auch Un-

regelmäßigkeiten auftreten. Die Kurve III mit Kurve II kombiniert zeigt z. B. zwei Sonnenflecken Perioden zwischen den Flecken-Maxima in 1883 und 1905. Dasselbe ist der Fall mit den kombinierten Kurven V und VI. Die Minima und Maxima der Temperatur-Kurven fallen aber nicht genau mit den Maxima und Minima der Sonnenflecken zusammen, sie kommen bald etwas später (vgl. in den Jahren 1884, 1890, 1894) bald etwas früher (vgl. in den Jahren 1904—05, 1909—10, und das Minimum der Kurve V im Jahre 1891). Die Kurve III hat eine Depression in den Jahren 1899—1901 wann es ein Flecken-Minimum war, die Kurven II und I haben aber sehr ausgeprägte Maxima in diesen Jahren.

Unsere ausgeglichenen Kurven (Fig. 21 und 22, S. 55) für die 10-Längengrad-Felder der Route Kanal—New-York zeigten eine Phasen-Verschiebung des Temperatur-Minimums und auch des Maximums, besonders in Februar, so daß das Minimum und das Maximum früher in dem westlichen Teil des Ozeans, zwischen 50° und 60° W-Lg., als weiter östlich, vgl. 20° — 29° W-Lg., eintrafen. Eine ähnliche Verschiebung des Minimums und auch des zweiten Maximums zeigen unsere ausgeglichenen Kurven I, II, IV und VI auf Fig. 57; das Minimum und Maximum treffen früher am Äquator (Kurve VI) ein als weiter nördlich (vgl. Kurven IV, II und I). Eine derartige Verschiebung des Minimums und Maximums ist aber auf die fortlaufend 12 monatlich ausgeglichenen Kurven III, IV, VII und IX auf Fig. 55, nicht zu sehen.

Die atlantischen Temperatur-Kurven besonders IV und VI, haben auch denselben Charakter wie die Kurve VII für den Indischen Ozean, nur zeigt diese Kurve sehr niedrige Temperatur-Werte in den Jahren 1909—10.

Durch Vergleichung der atlantischen Kurven I, II, IV und VI mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve (S) auf Fig. 57 sieht man, daß die Temperatur-Minima ein oder zwei Jahre vor dem Flecken-Maximum eingetroffen sind, und die Temperatur-Maxima 1909—10 sogar zwei oder drei Jahre vor dem Flecken-Minimum. Jedenfalls was ihr Minima betrifft zeigen die Temperatur-Kurven (I, II, IV und VI) bessere Übereinstimmung mit der magnetischen Kurve (M).

Auf der anderen Seite kommen aber, wie schon erwähnt, die Minima der Kurve III in den Jahren 1884 und 1894 ein Jahr nach den Flecken-Maxima, und das Maximum im Jahre 1890 ein Jahr nach dem Flecken Minimum.

Diese Jahrestemperatur-Kurven I, II, IV und VI zeigen auch unverkennbare Ähnlichkeit mit Kurve *f* auf Fig. 54. Es scheint allerdings einige Phasenverschiebung zu bestehen, aber die kann, wie sich denken ließe, ihre besondere Ursache haben.

Die Kurven der östlichen Felder des Atlantischen Ozeans zeigen, wie schon erwähnt, jedenfalls zum Teil direkte Ähnlichkeit mit der Sonnenflecken-Kurve. Wir haben die Mittel der Temperatur-Werte für Liepes Stationen I, II und III berechnet, und einer Dreijahrs-Ausgleichung unterzogen. Die Temperaturen für seine Stationen V und VI haben wir in derselben Weise behandelt. Die Ergebnisse sind in den Kurven I und III auf Fig. 58 dargestellt. Die Kurven II und IV für die in ähnlicher Weise behandelten Temperaturen des dänischen Felds $0-9^{\circ}$ W.-Lg. ($58-59^{\circ}$ N-Br.) und der beiden Felder des Zentral-Büros auf 36° N-Br. und 20° N-Br. (vgl. Fig. 55, Kurve V und VI) sind auch hinzugefügt, und dann eine Kurve V für die Lufttemperatur in SW-Sibirien, die später erwähnt wird. Zuoberst ist die Kurve S für die Sonnenflecken gezeichnet.

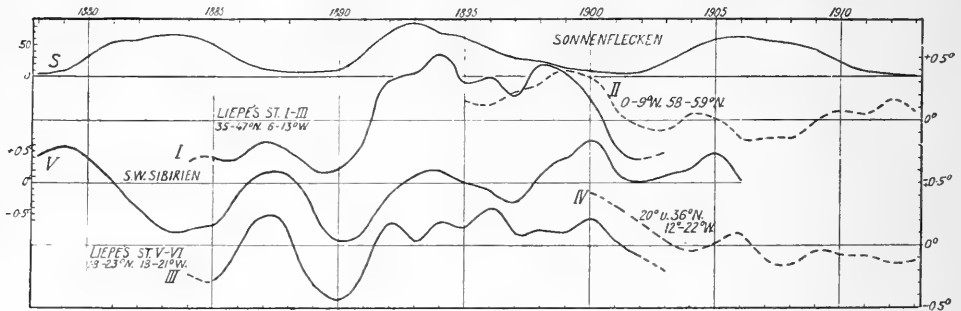


Fig. 58. Dreijahrs-ausgeglichene Kurven der Oberflächen-Temperatur I: für Liepes Stationen I—III. II: für das östlichste dänische Feld auf $0-9^{\circ}$ W.-L., $58-59^{\circ}$ N-Br. III: für Liepes Stationen V—VI. IV: die beiden nördlichsten Felder vom Zentral-Büro auf 20° und 36° N-Br. (vgl. Fig. 55, V u. VI). V: für die Luft-Temperatur in Südwest-Sibirien. S: Kurve für die Relativzahlen der Sonnenflecken (Skala links).

Man sieht, daß in der Fleckenperiode 1889—1901 die ausgeglichenen Temperatur-Kurven I—IV ganz gute Übereinstimmung mit der Flecken-Kurve zeigen, außer daß die Temperatur-Kurven I und III noch vier kürzere Perioden in dieser langen Periode zeigen, worauf wir später zurückkommen werden. In der nächsten Fleckenperiode, nach 1901, scheinen die Kurven II und IV eine Neigung zu einem der Flecken-Kurve entgegengesetzten Verlauf zu haben, besonders die Kurve II; aber auch hier ist diese Periode in drei oder vier kürzere Perioden eingeteilt.

Die direkte Übereinstimmung zwischen den Temperatur-Kurven der östlichen Teile des Nordatlantiks und der Sonnenflecken-Kurve kommt auch zum Vorschein auf Fig. 59. Die Kurven C stellen die durch sukzessive 33 Monats-Mittel ausgeglichenen Temperatur-Werte dar; die kürzeren Perioden sind hier folglich größtenteils eliminiert. Diese Kurven für Liepes Stationen I und IV (L I und L IV) zeigen auch deutliche Übereinstimmung mit der Sonnenflecken-Kurve S_2 (zuunterst), nur ist

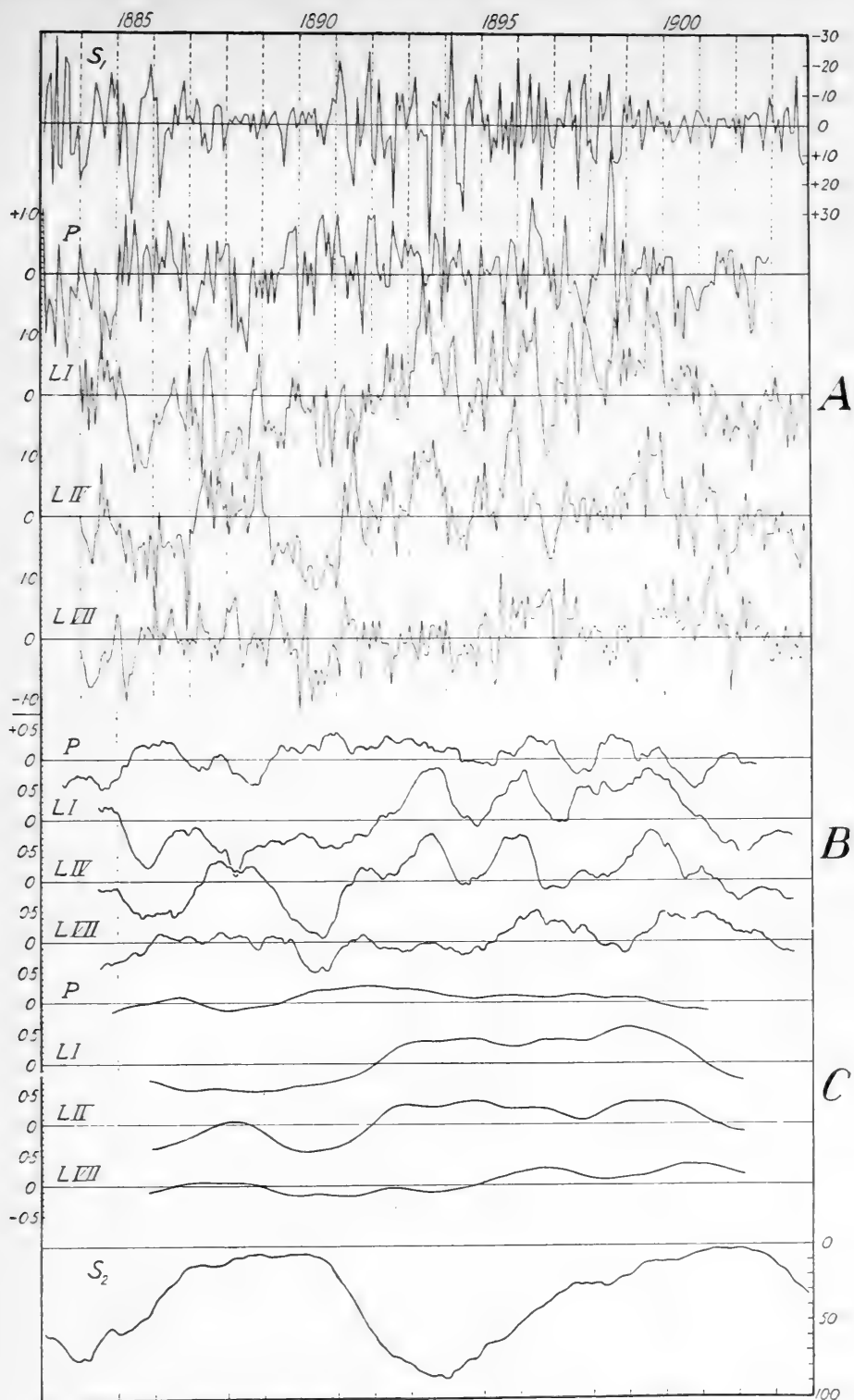


Fig. 59. S_1 : Relativzahlen der Sonnenflecken, beobachtete Monats-Mittel minus ausgeglichene Monats-Mittel (nach Wolfer). S_2 : die ausgeglichenen Monatsmittel der Relativzahlen der Sonnenflecken (nach Wolfer). P : Temperatur-Kurve für Petersens sämtliche 12 Stationen (Kanal—New-York). LI , LIV , $LVII$: Temperatur-Kurven für Liepes Stationen I, IV und VII (auf 47° , 30° , und 8° N.Br., 6° , 15° , und 25° W-Lg.). A : die Monats-Anomalien der observierten Temperatur-Werte. B : dieselben durch sukzessive 12 Monats-Mittel (von den Werten A) ausgeglichen. C : dieselben durch sukzessive 33 Monats-Mittel (von den Werten B) ausgeglichen.

zu beachten daß diese Kurve umgekehrt gezeichnet ist. Die beiden Temperatur-Kurven haben Minima bei Flecken-Minima, und hohe Temperaturen bei Flecken-Maximum (im Jahre 1893—94). Sonst zeigen die entsprechenden Kurven *B* für L I und L IV eine stark ausgeprägte Aufteilung der Sonnenflecken-Periode in drei oder vier kürzere Perioden (die Protuberanzen-Perioden).

Hiernit scheint es unzweifelhaft, daß also in der Oberflächen-Temperatur des Atlantischen Ozeans mehrere kürzere Perioden bestehen, wovon besonders eine von ungefähr 3 Jahre hervortretend ist, und dann noch eine längere Periode, die der Sonnenflecken-Periode entspricht. Die Temperaturen schwanken in dieser Periode im mittleren Teil des Meeres umgekehrt wie die Sonnenflecken, während sie im östlichen Teil mehr direkt wie diese schwanken.

Indessen sind, wie wiederholt hervorgehoben wurde, unsere Beobachtungsreihen allzu kurzwierig um sichere Schlüsse daraus in dieser Hinsicht zuzulassen. Bedeutend länger zurück gehen ja die Beobachtungsreihen von Petersen und Liepe, aber sie sind auch nicht genügend, und längere Serien vom Meere sind leider noch nicht zusammengestellt worden.

In Ermangelung hinreichenden Beobachtungsstoffs vom Meere, und weil wir große Übereinstimmungen im allgemeinen zwischen dem Zustand des Meeres und der Luft gefunden haben, sind wir daran gegangen, die Schwankungen in den verschiedenen meteorologischen Elementen zu untersuchen, die den großen Vorteil bieten, daß für sie Beobachtungen aus langen Jahresreihen vorliegen.

Zuerst wollen wir die von uns gefundenen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Nordatlantischen Ozeans mit den Schwankungen in der Luft-Temperatur in verschiedenen Gegenden der Erde für die Jahresreihe 1898—1910 vergleichen. Derartige Zusammenstellungen haben wir auf Fig. 60 und 61 wiedergegeben. Die Kurven I—IV auf diesen beiden Figuren zeigen die Schwankungen in der Luft-Temperatur in verschiedenen Gebieten nach Mielkes Tabellen [1913] in Köppens Zusammenstellung [1914]. Die übrigen Kurven zeigen die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur in den verschiedenen Teilen des Atlantischen Ozeans, teils für das ganze Jahr, teils nur für den Monat Februar.

Aus Fig. 60 wird man sehen, daß die Kurven für die Temperaturschwankungen sowohl für *den ganzen Atlantischen Ozean* wie für dessen *mittleren Teil* große Ähnlichkeit mit den Kurven für die Schwankungen der Luft-Temperatur in den Tropen sowohl wie der südlichen temperierten Zone aufweisen, und auch über der ganzen Erde, teils sogar auch

in Nordamerika. Diese Ähnlichkeit mit den Jahres-Schwankungen der Luft-Temperatur gilt für die Oberflächen-Temperatur sowohl für das ganze Jahr (die Kurven V, VI und IX), wie für den Monat Februar (Kurve VII) und auch für Februar bis April (Kurve VIII).

Figur 61 zeigt große Ähnlichkeit zwischen den Kurven für die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur — im östlichen Teil des Atlantischen Ozeans, und zwar sowohl für das ganze Jahr (Kurven V, VI, VIII und IX), wie auch für Februar (Kurve VII) — und den Kurven für die Schwankungen in der Jahrestemperatur der Luft in der nördlichen temperierten Zone, in Eurasien, und bis zu gewissem Grad auch in West- und Mitteleuropa, und in Rußland.

Eine entsprechende Ähnlichkeit für zwei verschiedene Typen von Kurven finden wir für eine bedeutend längere Jahresreihe, wenn wir die Temperatur-Schwankungen an Petersens und Liepes Stationen mit den Lufttemperatur-Schwankungen in den obenerwähnten Erdstrichen vergleichen. Auf

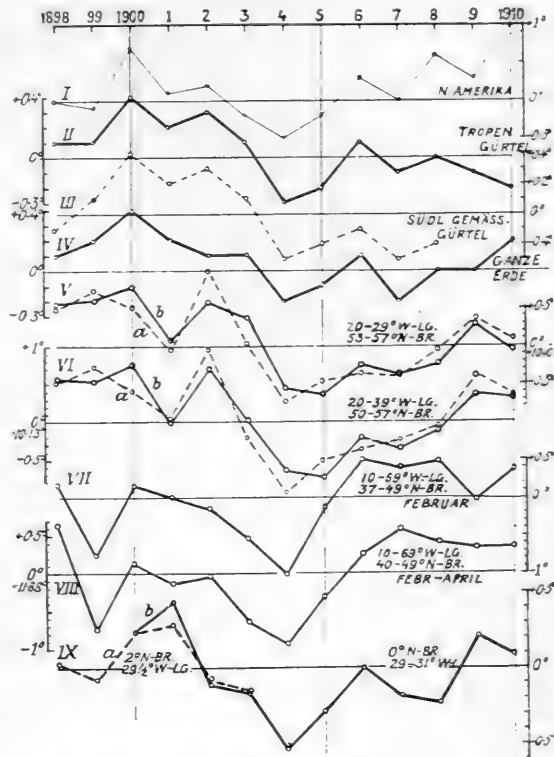


Fig. 60. Kurven für die Jahres-Anomalien der Lufttemperatur (nach Mielke) in Nordamerika, Tropen-Gürtel, Südlichem Gemäßigtem Gürtel, ganzer Erde (I—IV), der Oberflächen-Temperatur in dem dänischen Feld 20—29° W-Lg. (V) und in den beiden dänischen Feldern 20—29° W-Lg. und 30—39° W-Lg. zusammen (VI, a für Kalenderjahr, b für Jahr Sept.—Aug.), im Äquatorialfeld des Zentral-Büros (IX b), und an Liepes Stat. VIII (IX a). Die Temperatur-Anomalien der Oberfläche längs der Route Kanal—New-York im Februar (VII) und im Februar—April (VIII).

Fig. 62 haben wir die Kurven I und II für die Temperatur-Schwankungen an Petersens mittleren Stationen III—VIII (zwischen 22° und 47° W-Lg., siehe Fig. 1 Stationen 3—8) und an Liepes drei südlichsten Stationen (Tafel XV, Stationen VI, VII und VIII) dargestellt, die am meisten den Verhältnissen in den mittleren Teilen des Atlantischen Ozeans entsprechen. Diese Kurven haben wir um die Kurven I b und II b für das westlichste dänische Feld 30—39° W-Lg., und das holländische Feld

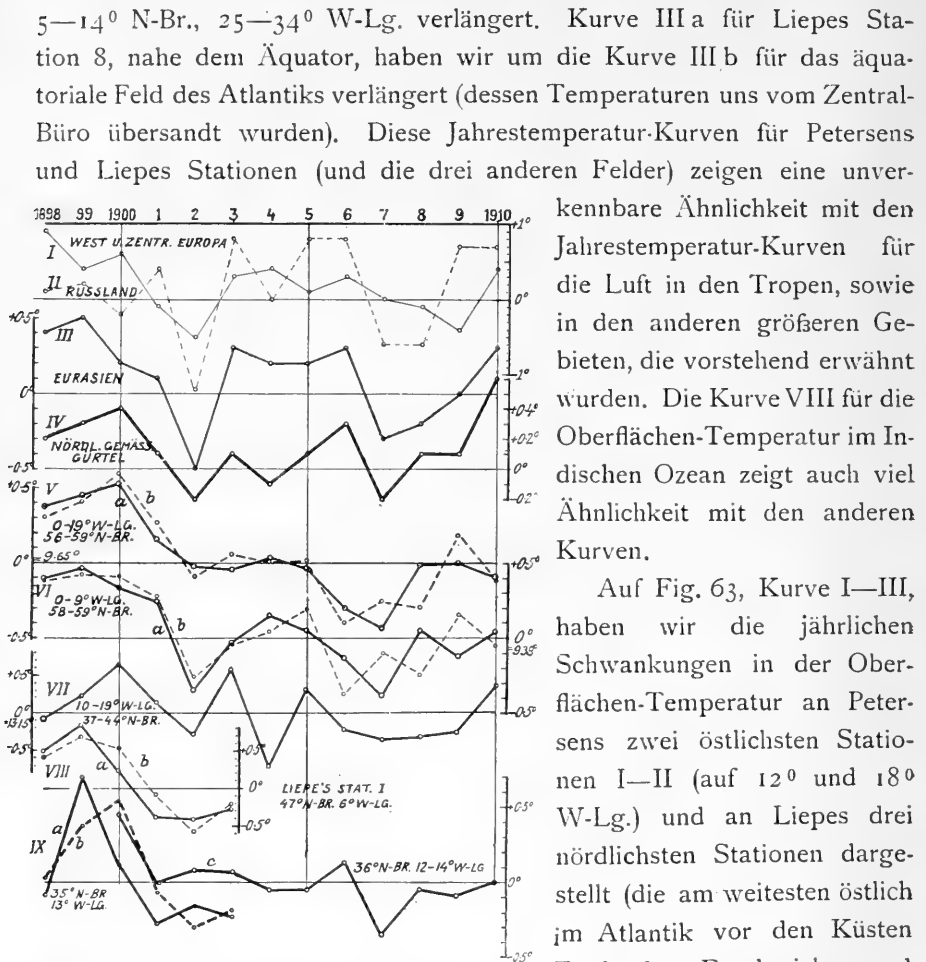


Fig. 61. I—IV; die Jahres-Anomalien der Lufttemperatur in West- und Zentraleuropa, Rußland, Eurasien, und Nördlichem Gemäßigtem Gürtel (nach Mielke). V—VI: die Anomalien der Oberflächen-Temperatur des Jahres (a Jan.—Dez., b Sept.—Aug.) für die dänischen 10-Längengrad-Felder 0—9° W-Lg. (VI), und 0—9° W-Lg. und 10—19° W-Lg. zusammen (V). VII: Temperatur Anomalien für Februar für unsere östlichsten 10-Längengrad-Felder im Gebiet Portugal-Azoren. VIII: Temperatur-Anomalien des Jahres (a Jan.—Dez., b Sept.—Aug.) für Liepes Stat. I. IX: Jahres-Anomalien für Liepes Stat. III (a Jan.—Dez., b Sept.—Aug.) und für das nördlichste Feld des Zentral-Büros (c).

für die Luft-Temperatur in Eurasien, in der nördlichsten temperierten Zone und in West- und Mitteleuropa. Wir haben auch eine Temperaturkurve VII für Südwest-Sibirien hinzugefügt, und diese zeigt eine überraschende Übereinstimmung mit den Kurven für Liepes nördlichste Stationen.

kennbare Ähnlichkeit mit den Jahrestemperatur-Kurven für die Luft in den Tropen, sowie in den anderen größeren Gebieten, die vorstehend erwähnt wurden. Die Kurve VIII für die Oberflächen-Temperatur im Indischen Ozean zeigt auch viel Ähnlichkeit mit den anderen Kurven.

Auf Fig. 63, Kurve I—III, haben wir die jährlichen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur an Petersens zwei östlichsten Stationen I—II (auf 12° und 18° W-Lg.) und an Liepes drei nördlichsten Stationen dargestellt (die am weitesten östlich im Atlantik vor den Küsten Englands, Frankreichs und Portugals liegen, siehe Fig. 1 Stat. 1 und 2, Tafel XV, Station I, II und III). Die Kurve für Liepes Station I ist um die Kurve für das nördlichste der Felder des Zentral-Büros auf 36° N. verlängert (siehe Kurve III b). Diese Kurven zeigen eine unverkennbare Ähnlichkeit mit den Kurven IV—VI

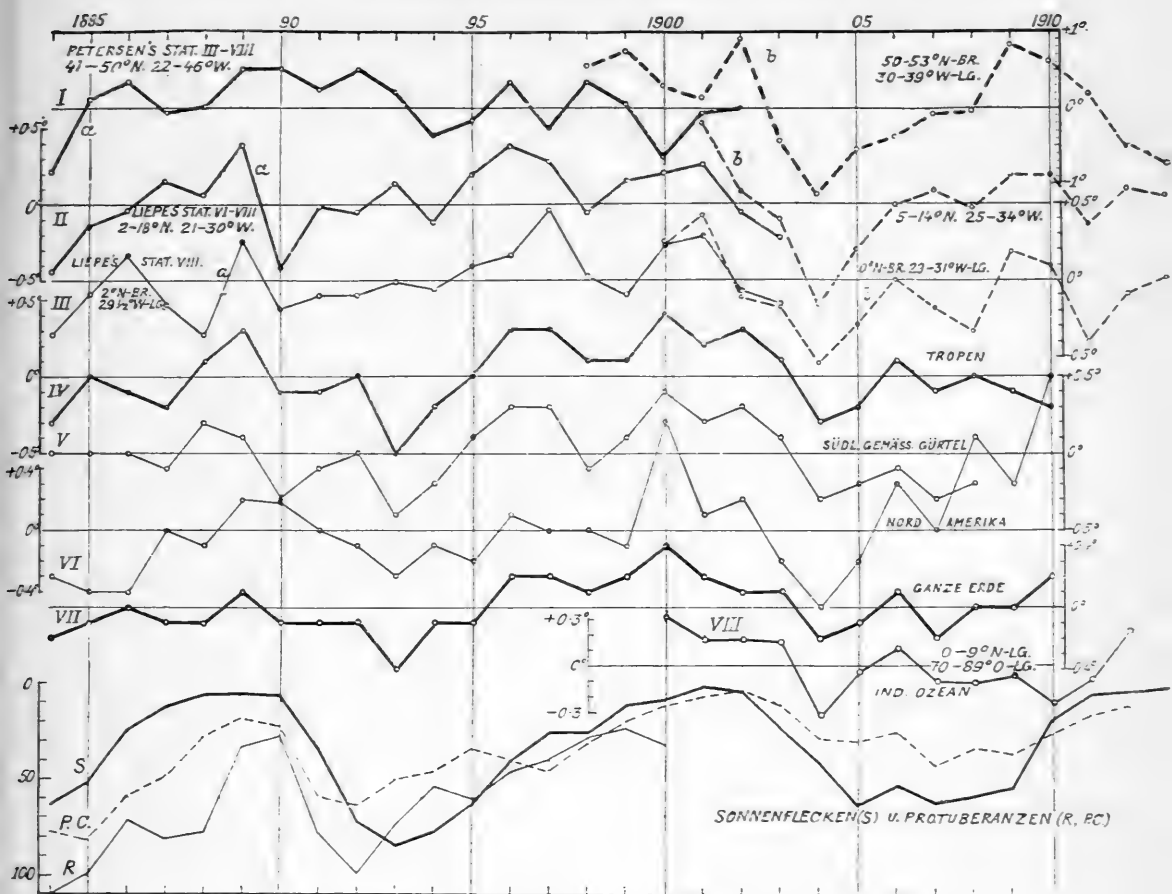


Fig. 62. Jahres-Anomalien der Oberflächen-Temperatur (I—III, VIII) und der Luft-Temperatur (IV—VII). S: Umgekehrte Kurve der ausgeglichenen Relativzahlen der Sonnenflecken (nach Wolfer). Skala links. P.C.: Tägliche Anzahl der Protuberanzen nach Beobachtungen in Palermo und Catania. Skala links wo 100 = 10·0. R: Tägliche Anzahl der Protuberanzen beobachtet an der Sternwarte del Collegio Romano.

Auf Fig. 58 haben wir eine drei-jährlich ausgeglichene Kurve (V) für die Temperatur in Südwest-Sibirien wiedergegeben. Wie man sieht, besteht hier eine gute Übereinstimmung zwischen dieser Kurve und den Kurven I—IV, besonders den beiden Kurven I und III für Liepes Stationen I—III und V—VI.

Dafß zwischen den Temperatur-Schwankungen in Sibirien und der Oberflächen-Temperatur in den Feldern des Meeres, die dem Einfluß des azorischen Druckmaximums unterliegen, eine so gute Übereinstimmung besteht, konnte ja nach Hildebrandssons Theorie nicht so unwahrscheinlich sein, da ja auch Sibirien ein ausgeprägtes Druckmaximum im Winter besitzt (das der am meisten bestimmende Teil des Jahres für die Temperatur ist). Es entstehen also zwei Aktionszentren

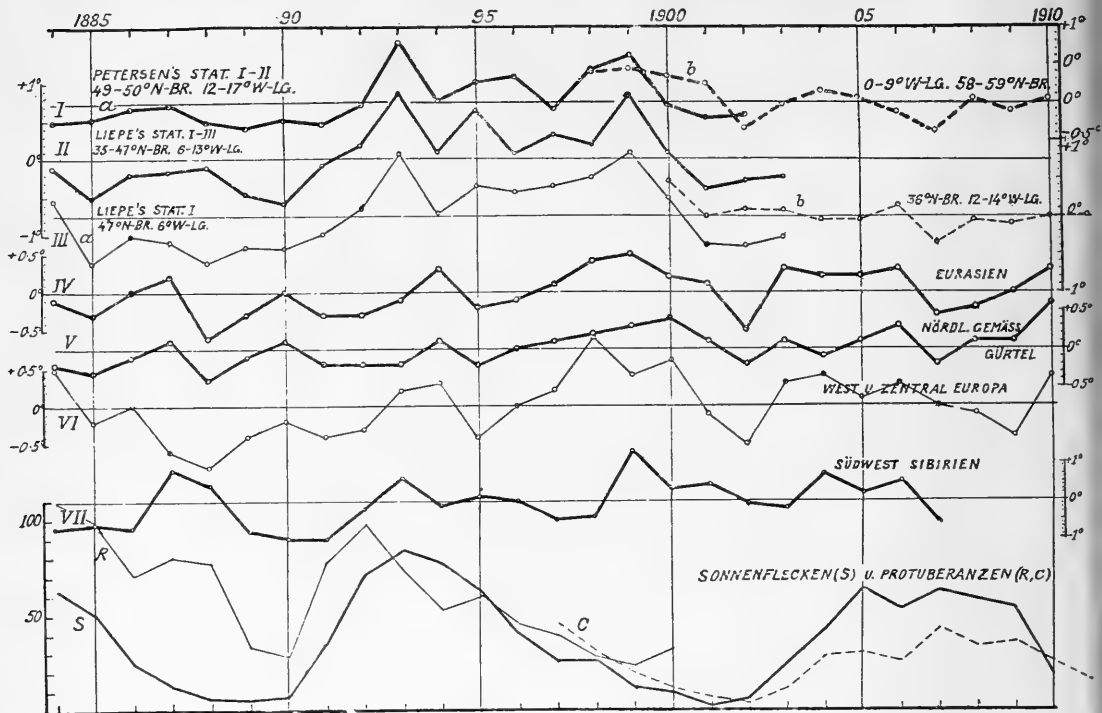


Fig. 63. Jahres-Anomalien der Oberflächen-Temperatur (I—III) und der Luft-Temperatur (IV—VII). S: direkte Sonnenflecken-Kurve (Skala links). R: Tägliche Anzahl der Protuberanzen beobachtet an der Sternwarte del Collegio Romano (Skala links wo 100 = 10·0) C: Tägliche Anzahl der Protuberanzen beobachtet in Catania.

derselben Art, wo die Temperatur-Schwankungen einander folgen sollten. Überraschender kann es dagegen scheinen, daß die Jahreskurve für Sibirien ebenfalls Ähnlichkeit mit den Jahreskurven für das östlichste dänische Feld zwischen 0° und 10° W-Lg. ganz nördlich zwischen 58° und 60° N-Br. aufweist (vgl. Fig. 63 Kurven VII und I b). Sie liegen ja vollständig unter dem Aktionsgebiete des isländischen Druckminimums und sollten nach Hildebrandsson eher entgegengesetzten Gang in den Temperatur-Schwankungen zeigen. Aber, wie wir später nachweisen werden, können wir allerdings eine sehr natürliche Erklärung für diese Verhältnisse finden.

Auf Fig. 62 und 63 unten sind die Kurven für die Sonnenflecken (S) und die Protuberanzen (R, P. C., und C) wiedergegeben; auf Fig. 62 sind diese Kurven umgekehrt gezeichnet (wie die Skala rechts zeigt). Man sieht, daß große Ähnlichkeiten zwischen diesen Kurven und den Temperatur-Kurven auf den beiden Figuren bestehen, und sogar die kleinen Schwankungen der Protuberanz-Kurven, z. B. in den Jahren 1884—1891, finden sich in mehreren Kurven für die Oberflächen-Temperaturen wie die Luft-Temperaturen wieder, und zwar so daß die Schwankungen auf den Figuren 62 und 63 zum Teil einander entgegengesetzt sind.

X. Frühere Untersuchungen über das Verhältnis zwischen der schwankenden Sonnentätigkeit und meteorologischen Erscheinungen auf der Erde.

Durch die Untersuchungen der letzten Zeit ist es immer offener geworden, daß ein Zusammenhang zwischen den Schwankungen in verschiedenen Verhältnissen auf der Erde und den Schwankungen in der Tätigkeit der Sonne besteht, so wie diese sich in Schwankungen in der Anzahl und Ausdehnung von Sonnenflecken, Fackeln und Protuberanzen zu erkennen gibt. Daß ein inniger Zusammenhang zwischen diesen und den magnetischen Kräften besteht, also auch mit dem Nordlicht, ist jetzt eine schon längst als sicher festgestellte Tatsache; aber es ist auch allmählich immer wahrscheinlicher geworden, daß es verschiedene kürzere und längere Perioden in den Schwankungen der meteorologischen Elemente auf der Erde gibt, und entsprechende Perioden in der Tätigkeit der Sonne. Es muß ja auch von vornherein wahrscheinlich sein, daß Schwankungen in der Sonnentätigkeit — entweder unmittelbar oder mittelbar — entsprechende Schwankungen in den meteorologischen Elementen in der Erdatmosphäre hervorrufen müssen.

Temperatur-Schwankungen und Sonnenflecken.

Schon kurze Zeit nachdem die Sonnenflecken zuerst entdeckt waren (von dem Engländer HARRIOT am 10. Dezember 1610, dem Deutschen JOH. FABRICIUS am 9. März 1611, dem Italiener GALILEI und dem deutschen Jesuiten SCHEINER) äußerte der Jesuitenpater RICCIOLI im Jahre 1651, daß die Temperatur auf der Erde bei Abnehmen der Sonnenflecken steige und bei ihrem Zunehmen falle. Später haben viele Forscher dieser Ansicht beigegeben, während verhältnismäßig nur wenige gemeint haben, das Verhältnis sei umgekehrt — die Temperatur steige bei steigender Anzahl von Sonnenflecken. Unter den letzteren kann WILLIAM HERSCHEL [1801] erwähnt werden, der zu diesem Schluß durch das Studium der Weizenpreise in Windsor kam.

Zu derselben Anschauung gelangte der bayrische Astronom GRUTHUISEN [1826]; aber er kommt auch mit folgender eigentümlicher Äußerung, die auf einer 36-jährigen Erfahrung in München fußte: »Beständig schöne Witterung auf der Erde entsteht, wenn auf der Sonne die veränderliche Witterung (d. h. Fleckenbildung) aufhört; große Flecken rufen bei uns veränderliche, lokal sehr verschiedene Witterung hervor; je mehr unbehoftete Flecken sich häufen, desto weniger wird die Temperatur der Erdatmosphäre

erhöht, da nur behofte, große Flecken mehr Wärme verbreiten« [vgl. MIELKE 1913, S. 1].

ALFRED GAUTIER [1844] in Genf kam, wie die meisten Anderen, zu dem Schluß, daß Jahre mit vielen Sonnenflecken kälter wären, als die mit wenigen. Er machte auch die wertvolle Entdeckung, daß eine Periodizität in den Flecken besteht, und er bestimmte die Periode auf ungefähr 10 Jahre, 5 Jahre nach jedem Flecken-Maximum folgte ein Minimum¹. Diese Periode, die schon seit 1825 von SCHWABE beobachtet war, wurde von diesem genauer, aber besonders eingehend von RUDOLF WOLF in Zürich untersucht, der sie auf $11\frac{1}{9}$ Jahre bestimmte.

Wir können hier nur einige der Arbeiten erwähnen, die auf diesem Gebiet erschienen sind, und müssen im übrigen auf die historischen Übersichten über den Gegenstand verweisen, die u. a. von HAHN [1877], FRITZ [1878, 1893], S. GÜNTHER [1899], ARRHENIUS [1903], HANN [1908], WALLÉN [1910] und MIELKE [1913] mitgeteilt worden sind.

Durch Zusammenstellung einer großen Anzahl von Beobachtungsreihen, entnommen dem Zeitraum zwischen 1744 (oder sogar 1719 für Berlin) und 1851 aus Mailand, Wien, Kremsmünster, Hohenpeissenberg, Prag, Berlin und Petersburg kam FRITSCH [1854] zu dem Schluß, daß die Temperatur während Fleckenzunahme jährlich um 0.5° C. abnehme und umgekehrt so viel während abnehmender Fleckentätigkeit wachse. Zu ähnlichen Ergebnissen kam R. WOLF im Jahre 1859 durch Untersuchung der Temperaturreihen aus Berlin, und ZIMMERMANN durch Zusammenstellen der Hamburger Beobachtungen.

Die umfassendsten Untersuchungen aus früherer Zeit sind die von W. KÖPPEN im Jahre 1873 veröffentlichten. Er benutzt Beobachtungen von 403 Stellen, die er zu 25 Gebieten, verteilt über der ganzen Erde, zusammenfaßte, und wieder in 5 klimatische Gürtel einteilte. Er glaubte, gefunden zu haben, daß die Wärme-Maxima in den Tropen ein halbes bis anderthalbes Jahr (durchschnittlich 0.9 Jahr) vor den entsprechenden Flecken-Minima aufträten, und später je weiter man sich vom Äquator entfernte. Die Temperatur-Minima sollten in den Tropen ungefähr mit den Flecken-Maxima zusammenfallen. Die Temperatur-Schwankungen erwiesen sich als am regelmäßigsten und deutlichsten in den Tropen mit einer Durchschnitts-Amplitude von 0.73° C., während sie nach den Polen zu beträchtlich an Deutlichkeit einbüßten. Die Temperatur-Amplitude an den

¹ Schon im Jahre 1776 hatte der Däne HORREBOW in seinem ungedruckten Beobachtungstagebuch die Wahrscheinlichkeit angedeutet, daß man eine Periode in den Schwankungen der Sonnenflecken finden würde, und daß diese sich auch den Körpern (Planeten) gegenüber geltend machen könne, die von der Sonne getrieben und beleuchtet werden.

untersuchten Stationen außerhalb der Tropen betrug im Durchschnitt 0.54°C .

Köppen fand übrigens, daß die Übereinstimmung zwischen Temperatur-Schwankungen und Sonnenflecken-Schwankungen nicht immer dieselbe ist. Während die Temperatur-Kurve im Zeitraum von 1816 bis 1859 vollständig der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve folgte, ist dies vor und nach dieser Zeit nur in geringem Grad der Fall. Durch spätere Untersuchungen im Jahre 1881 fand Köppen, daß Unstimmigkeiten zwischen den beiden Kurven von 1859 bis 1875 andauerten.

SCHUSTER [1885] kam zu demselben Ergebnis, wie Köppen. R. WOLF betonte (Astr. Mitt. XXXIV), daß gerade im Jahre 1859 die Sonnenflecken-Kurve ganz auffällig ihre Form veränderte und zusammen mit ihr auch die Variations-Kurve für die magnetische Deklination. BLANFORD [1891] fand indessen auch für die spätere Zeit eine gute Übereinstimmung zwischen beiden Kurven bei Zusammenstellung zahlreicher Beobachtungen für Indien, und er meinte deshalb, die früher gefundene Unstimmigkeit nach 1860 beruhe wohl am ehesten auf dem Mangel an exakten Beobachtungen.

BLANFORD teilt auch [1891, s. 576] eine Reihe Temperatur-Messungen mit, die von Professor Hill mit dem Sonnen-Thermometer (mit schwarzem Kugel in Vacuum) für die Jahre 1875—85 in Allahabad genommen wurde. Die gemessenen mittleren Werte der Jahre schwanken umgekehrt wie die Sonnen-Flecken, und sind 3.7°C . (6.6°F .) höher bei Flecken-Minimum als bei Maximum.

Ungefähr zu derselben Zeit wie Köppens erwähnte Abhandlung veröffentlicht wurde, wurde es durch spektroskopische Untersuchungen, besonders von Lockyer, gefunden, daß die Sonne wahrscheinlich am heißesten zur Zeit der Flecken-Maxima war. Das Ergebnis Köppens und anderer, daß die Lufttemperatur der Erde dann kälter als bei Flecken-Minima wäre, schien daher ein Paradox zu sein. Es wurde von BLANFORD [1875] in der Weise erklärt, daß die Lufttemperaturen der Land-Stationen, die von Köppen behandelt wurden, »must be determined not by the quantity of heat that falls on the exterior of the planet, but on that which penetrates to the earth's surface, chiefly to the land surface of the globe. The greater part of the earth's surface being, however, one of water, the principal immediate effect of the increased heat must be the increase of evaporation, and therefore, as a subsequent process, the cloud and the rainfall. Now a cloudy atmosphere intercepts the greater part of the solar heat, and the re-evaporation of the fallen rain lowers the temperature of the surface from which it evaporates and that of the stratum of air in contact with it. The heat liberated by cloud condensation doubtless raises the temperature of the air at the

altitude of the cloudy stratum; but at the same time we have two causes at work, equally tending to depress that of the lowest stratum.« Man müßte folglich erwarten, daß eine Vergrößerung der Verdunstung und des Regens durch stärkere Sonnenstrahlung eine Erniedrigung der Temperatur über der Landoberfläche hervorrufen werde.

S. A. HILL [1879] untersuchte die absolute, jährliche Temperaturschwankung im Mittel verschiedener Stationen in Nordindien, und fand, daß die größte Schwankung in der Nähe des Minimums der Sonnenflecken eingetreten ist, und die kleinste Schwankung in der Nähe des Flecken-Maximums. Die Übereinstimmung war doch keine besonders gute, mit großen Abweichungen, und die Untersuchung galt nur die Jahre 1866—1878. Mehr zuverlässige Ergebnisse meinte er durch eine Untersuchung der mittleren, jährlichen Schwankung der Monatsmittel der Temperaturen an verschiedenen Stationen in Nordindien für die Jahre 1863—78 zu erhalten. Er fand, daß die größte jährliche Schwankung ein oder zwei Jahre nach dem Minimum der Sonnenflecken eingetreten ist, und die kleinste Schwankung ein Jahr nach dem Flecken-Maximum. Diese Relation, wenn eine solche existiert, »scheint um so bestimmter aufzutreten, je weiter wir nach NW in Indien fortschreiten«. Er hebt doch selbst hervor, daß das Beobachtungs-Material sehr fragmentarisch ist. Er scheint der Meinung zu sein, daß, da eine Zunahme der jährlichen Wärmeschwankung wahrscheinlich mehr durch eine größere Sommerhitze hervorgebracht wird, als durch größere Winterkälte, so kann die erwähnte Relation, wenn sie existiert, nur durch eine stärkere Sonnenstrahlung zur Zeit des Flecken-Minimums erklärt werden.

Dr. HANN [1877] hat für Leipzig nachgewiesen daß die (unperiodische) Jahres-Schwankung der Temperatur (Differenz der absoluten Jahresextreme) direkt wie die Sonnenflecken wechselt. Dies wurde von LIZNAR [1880] durch Beobachtungen an 8 anderen Stationen in Europa vollends bestätigt. In den Jahren der Flecken-Maxima treten die höchsten Temperatur-Maxima und die tiefsten Minima ein, in jenen der Flecken-Minima verhält es sich umgekehrt [vgl. HANN 1908, S. 358]. — Liznar hat auch die tägliche Temperatur-Schwankung an 13 Stationen (unter diesen Petersburg, Calcutta, und Hobarton) untersucht, und fand für alle einige Übereinstimmung mit der 11-jährigen Sonnenflecken-Periode. Für Wien, Prag, Tschaslau, Brünn, und Triest, 1857—70, fand er, daß der Mittel der täglichen Amplitude in den Jahren 1859—60 und 1870—71, bei Flecken-Maximum am kleinsten war, während die größte tägliche Temperatur-Amplitude ungefähr zwei Jahre vor dem Flecken-Minimum eintraf. Dies war folglich gerade umgekehrt wie sich die Jahres-Schwankung der Temperatur nach seinen Ergebnissen verhält.

UNTERWEGER [1891] meinte eine kurzweilige Periode von zwischen 26 und 30 Tagen in den Sonnenflecken und der Sonnentätigkeit nachweisen zu können. Diese Periode sollte zwar nicht durch die Umdrehung der Sonne hervorgerufen, so doch von ihr beeinflusst sein, und sich im Durchschnitt auf $29.56 (\pm 0.5)$ Tage belaufen. Außerdem fand er eine Periode von 69.4 Tagen verhältnismäßig kräftig entwickelt und daneben noch verschiedene andere, minder deutliche Perioden. Bei einer Nachprüfung von Unterwegers Untersuchungen meinte auch KÖPPEN [1891] das Vorhandensein derartiger kurzer Perioden feststellen zu können, aber er erhielt doch nicht dieselben Werte für ihre Dauer, zu denen Unterweger gekommen war.

FRANK H. BIGELOW fand [1894] eine Periodizität in den Schwankungen der erdmagnetischen Kräfte (gemessen in Europa), die mit der Umdrehungszeit der Sonne in Verbindung stehen sollte, und zwar berechnet zu 26.68 Tagen, so daß z. B. augenfällige Minima in den erdmagnetischen Kräften am 1.—2., am 5., am 9., am 15., am 20. und am 24. Tag jeder Umdrehung bestehen sollten, während dagegen Maxima am 3., 7., 11.—14., 16.—19., 22., 26. Tag, usw. auftreten sollten¹. Dies erklärt er dadurch, daß, was er die »polare magnetische Ausstrahlung« der Sonne nennt, ungleich über der Oberfläche der Sonne, nach Meridianen mit größerer und geringerer Stärke, verteilt sein sollte, und diese »magnetische Strahlung« sollte die Erde mit schwankender Stärke erreichen je nach dem Meridian der Sonne, der sich uns zukehrt, und sollte sich in der ovalen Region konzentrieren, die unsern magnetischen und geographischen Pol umgibt, bis zu 60^0 magnetischer Polentfernung. Indem er nun diese erdmagnetischen Schwankungen innerhalb jeder Sonnenumdrehung mit den Temperaturschwankungen in den Vereinigten Staaten innerhalb derselben Periode von 26.68 Tagen zusammenstellt, findet er eine merkwürdige Übereinstimmung. Allerdings schwankt die Temperatur zu einzelnen Zeiten in *derselben Richtung* wie die magnetischen Kräfte, zu anderen in *umgekehrter*. Indem er die gefundenen Temperatur-Anomalien für jede Sonnenumdrehungsperiode zeichnet, und diese Kurven in zwei Klassen anordnet, je nachdem sie am meisten denselben Weg gehen, oder am meisten in umgekehrter Richtung, wie die durchschnittliche magnetische Kurve für diese Periode, erhält er ungefähr gleich viele von jeder Sorte. Die beiden Mittelkurven für jede dieser Arten direkter oder umgekehrter

¹ Man spürt hier, was Bigelow kaum bemerkt zu haben scheint, Andeutungen zu einer 14-täglichen Periode, indem 13 bis 15 Tage nach jedem Minimum oder Maximum ein entsprechendes Minimum oder Maximum (also auf der entgegengesetzten Seite der Sonne) auftritt.

Kurven — oder auch für die Werte, die man erhält, indem man die Werte für die umgekehrten Kurven von den Werten für die direkten abzieht — zeigen eine auffallende Ähnlichkeit mit der Kurve für die durchschnittlichen magnetischen Schwankungen innerhalb der 26.68 Tages-Periode. Besonders auffallend ist dies für die Kurven, die BIGELOW auf diese Weise für 5 Stationen in Dakota für den Zeitraum 1878 bis 1893, oder für ungefähr 220 Sonnenumdrehungen, gefunden hat. Diese 3 Kurven (für direkte, umgekehrte, und direkte minus umgekehrte Temperatur-Schwankungen) sind fast vollständig kongruent mit der magnetischen Kurve, und es scheint kaum möglich, an der Tatsache vorbeizukommen, daß hier eine merkwürdige Übereinstimmung besteht, die also darauf hindeuten sollte, daß die Sonne uns ungleiche Mengen Energie während ihrer Umdrehungsperiode sendet, und daß diese kurzwierigen Schwankungen in der empfangenen Energiemenge entsprechende kurzwierige Schwankungen im Verhältnis der Atmosphäre wenigstens in den Vereinigten Staaten hervorrufen; dies hat wiederum zur Folge, daß die Luft-Temperatur im Takt damit wechselt, zu Zeiten in *derselben* Richtung wie die Energie-Schwankungen, zu anderen Zeiten *umgekehrt*.

Aus Bigelows Untersuchungen scheint auch hervorzugehen, daß die umgekehrten Schwankungen durchgehends in der halben Anzahl der Umdrehungs-Perioden der Sonne im Laufe des Jahres auftreten, und daß sie nach der Sonnenflecken-Periode verschieden verteilt sind. Zu der Zeit um das Flecken-Maximum fallen sie am meisten auf die Sommermonate (oder Herbstmonate), und um die Minimumszeit meistens auf die Wintermonate. Bigelow kann allerdings keine Erklärung für diese Verhältnisse geben; aber in der Weise, wie wir uns den Zusammenhang der Temperaturschwankungen mit den Schwankungen der Sonnentätigkeit überhaupt denken, meinen wir, daß sich das auf ganz natürliche Weise erklären läßt, und wir werden später hierauf zurückkommen.

Indem Bigelow ohne Rücksicht auf Vorzeichen die von ihm berechneten Temperatur-Anomalien für die 26 68 Tages-Perioden für jedes Jahr seiner Jahresreihe 1878—1893 summiert, erhält er Werte, die er Temperatur-Amplituden nennt, und die also in einer Weise angeben, bis zu welchem Grad die Temperatur innerhalb dieser Sonnenumdrehungs-Perioden in jedem der untersuchten Jahre geschwankt hat. Die Kurve, die die Schwankungen in den so gefundenen Werten darstellen, stimmen auffallend mit der Kurve für die magnetischen Elemente in Europa überein (auch teilweise mit der Kurve für die Sonnenflecken). Es sollte sich demnach zeigen, daß bei gesteigerter magnetischer Tätigkeit die Temperaturschwankungen innerhalb der Sonnendrehungsperioden wachsen, und umgekehrt.

Die durchschnittliche Jahrestemperatur für 30 meteorologische Stationen in den Vereinigten Staaten schwankt, wie Bigelow (für denselben Zeitraum 1878–1893) findet, umgekehrt wie die magnetischen Elemente, und umgekehrt auch, wie die Sonnenflecken. Dies, meint er, steht in Übereinstimmung mit seiner Theorie von den antizyklonalen und zyklonalen Zirkulationen, die direkt wie was er die »solare magnetische Ausstrahlung« nennt schwanken sollten.

Später hat Bigelow seine Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen den meteorologischen Schwankungen und der Sonnentätigkeit fortgesetzt, und ist dabei weiter in seinem Schluß bestärkt worden, daß Sinken der Temperatur in den Vereinigten Staaten mit Steigen der solar-magnetischen Intensität zusammenfällt und umgekehrt. Dies gilt sowohl für die längere Periode von 11 Jahren wie auch für die kürzere Periode von $2\frac{3}{4}$ Jahren, deren Vorhandensein er [1898] nachweist, und deren es also 4 für jede Elfjahrs-Periode gibt.

Er dehnt seine Untersuchungen auf eine große Anzahl von Stationen in verschiedenen Gebieten der Erde für die Zeit 1873–1900 aus, und nimmt nunmehr auch die Schwankungen in den Sonnenprotuberanzen nach Lockyer in seine Zusammenstellung auf [1903]. Er findet überall in den Temperaturschwankungen mehr oder weniger deutlich die *Periode von beinahe 3 Jahren* wieder; aber die Schwankungen in dieser Periode verhalten sich an den verschiedenen Stellen der Erde verschieden (wie die beiden Lockyer für den Luftdruck nachgewiesen hatten), und er unterscheidet zwischen 3 Typen von Kurven für die Schwankungen:

1) Der direkte Typus, wo die Temperatur-Schwankungen denselben Weg gehen, wie die Schwankungen in der Anzahl der Protuberanzen.

2) Der umgekehrte Typus, wo die Schwankungen in der Temperatur in umgekehrter Richtung zu den Protuberanzen gehen.

3) Der indifferente Typus, wo die Temperatur-Schwankungen keine befriedigende Übereinstimmung mit den Schwankungen der Protuberanzen aufweisen.

Den direkten Typus von Temperatur-Kurven fand er überall in den Tropen, in Südamerika, Australien und Südafrika; ferner in Nordafrika, in Südwesteuropa (Frankreich, Spanien), in den westlichsten Vereinigten Staaten an der Küste des Stillen Ozeans, in Honolulu und auf Westgrönland.

Den umgekehrten Typus fand er in Japan und China, im nordwestlichen, mittleren und südöstlichen Rußland, in Mitteleuropa, auf den Färöer-Inseln, auf Island, Ostgrönland, und in den folgenden Teilen der Vereinigten Staaten: in den südlichen atlantischen Staaten, den westlichen Golf-Staaten und in den Staaten an den großen Seen.

Den indifferenten Typus fand er in den höchsten Teilen von Indien, in Mittelsibirien, Südostrußland, und in den folgenden Gebieten der Vereinigten Staaten: in den nördlichen atlantischen Staaten und in den nördlichen und südlichen Plateau-Staaten an den Rocky Mountains.

Wie man sieht, haben diese verschiedenen Temperaturgebiete beträchtliche Ähnlichkeit mit denen, die Hildebrandsson auf Grund der verschiedenen Aktionszentren gefunden hat.

In einer späteren Abhandlung [1908] vergleicht Bigelow die Schwankungen in den Sonnenprotuberanzen für die Jahre 1872—1905 mit den Jahresschwankungen in der magnetischen Horizontal-Intensität in Europa, der Luft-Temperatur, dem Dampfdruck und Luftdruck in verschiedenen Gebieten der Vereinigten Staaten. In den Schwankungen aller Elemente findet er eine Elfjahrs-Periode, und eine kürzere von ungefähr 3, oder genauer 2.75 Jahren. In der *Elfjahrs-Periode*, die am stärksten in den Vereinigten Staaten am Stillen Ozean ausgeprägt ist (wie in den Tropen) und weniger stark ostwärts östlich von Rocky Mountains, schwankt die Temperatur (und der Dampfdruck) überall, sowohl im Westen wie im Osten, *umgekehrt* zu den Protuberanzen und der magnetischen Kraft. In der *kurzen Periode*, die überall sehr stark hervortritt, fand er, daß in den westlichen Staaten an der Küste des Stillen Ozeans, die Temperatur und der Dampfdruck in *derselben Richtung* wie die Protuberanzen und die magnetische Kraft schwanken, während auf dem Rocky-Mountain Plateau und ostwärts bis an die atlantische Küste sie *umgekehrt* wie diese schwanken, aber mit einiger Phasenverschiebung in diesen östlichen Regionen.

Bigelow findet die einfachste Erklärung dieser *Inversion* der Temperaturschwankungen durch die horizontale Luftzirkulation. Ein Steigen der Temperatur in den Tropen, durch vermehrte Sonnenstrahlung hervorgerufen, wird die horizontale Zufuhr an kalter Luft aus höheren Breiten steigern, und die gemäßigten Regionen durch kalte Winde abkühlen.

Ein Hochdrucks-Gürtel geht westwärts von Florida aus nach dem nördlichen Californien und Oregon, der die Vereinigten Staaten in zwei Teile zerlegt, so daß, meint er, die pazifischen Staaten tatsächlich zum Tropen-System gerechnet werden können, und die in den Vereinigten Staaten beobachtete Temperatur ist nicht unmittelbar eine Wirkung der Sonnenstrahlung, sondern nur mittelbar, nämlich hervorgerufen durch die Wärme, die von den horizontalen Luftströmen geführt wird.

Wir haben diese Untersuchungen von Bigelow so weit ausführlich wiedergegeben, weil sie in mehrfacher Hinsicht von Interesse für die Ergebnisse sind, zu denen wir kommen, selbst wenn wir nicht in allen Punkten mit ihm einig sind.

In seiner bekannten Arbeit über »Klimaschwankungen seit 1700« hat BRÜCKNER [1900] auch die säcularen Schwankungen der Temperatur der Erde behandelt, und hat sie mit den Schwankungen des Luftdruckes und des Regenfalles verglichen. Er findet eine ausgeprägte Periode der Schwankungen dieser Elemente von rund 36 Jahren. Durch Zusammenstellen der Beobachtungen über die Eisverhältnisse der Flüsse, über das Datum der Weinernte und die Häufigkeit strenger Winter seit vielen Jahrhunderten bestimmt er diese Periode genauer auf 34.8 ± 0.7 Jahre. Die Amplitude der Temperaturschwankungen dieser Periode »ist in allen Erdtheilen auffallend gleich groß und rund 1° C.« Sie ist folglich bedeutend größer als die Amplitude der 11-jährigen Temperaturperiode nach Köppen. Brückner findet daß seine säcularen Klimaschwankungen mit einer Periode von rund 35 oder 36 Jahre »absolut kein Zusammenhang mit der Sonnenfleckenhäufigkeit« haben.

Er meint: »Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Schwankungen der Temperatur das Primäre, die Schwankungen des Luftdruckes und des Regenfalles dagegen das Secundäre sind«. Die Ursache der beobachteten, terrestrischen Temperaturschwankungen kann seiner Meinung nach nur in Oscillationen der Wärmezufuhr (von der Sonne) gesucht werden. In Jahren mit stärkerer Sonnenstrahlung wird das Land im Sommer mehr erwärmt, was einen relativ tiefen Luftdruck auf dem Lande (und relativ hohen auf dem Meere) erzeugen muß. Im Winter aber ist es umgekehrt: das Land wird durch starke Ausstrahlung abgekühlt, das Meer hat noch einen Überschuß an Wärme, der während des Sommers aufgespeichert wurde, die Temperaturdifferenz zwischen Meer und Kontinent ist wieder abnorm groß, dieses Mal zu Gunsten des Meeres. Dadurch wird auch die Luftdruckdifferenz verschärft: das Barometer steht auf dem Meer zu tief, auf dem Land zu hoch. Diese Verstärkung der winterlichen Anticyklonen auf dem Lande kann ihrerseits die Temperatur daselbst beeinflussen, indem sie die Ausstrahlung begünstigt.

Brückner fand auch wirklich, daß in Sibirien und Süd-Rußland in der sonst warmen (und trockenen) Periode (besonders 1856—65) die Winter abnorm kalt, die Sommer abnorm heiß waren. Übrigens erwähnt er, daß Süd-Rußland und Sibirien »sich durch einen eigenthümlichen Gang der Temperatur« auszeichnet, die Schwankungen gehen zum Teil umgekehrt wie in anderen Gebieten. Er meint, daß diese Unregelmäßigkeiten »durch eine strenge Winterkälte seine Erklärung findet«.

Brückner hebt auch das interessante Verhältniß hervor, daß die Temperatur-Amplitude seiner 35-jährigen Periode in den Tropen kleiner als auf höheren Breiten zu sein scheint, während ja die Amplitude der

11-jährigen Periode nach Köppens Untersuchungen sich umgekehrt verhalten sollte.

Nach Brückner hat WILLIAM LOCKYER [1901] nach den magnetischen Epochen, sowie aus den Schwankungen in der Länge der Sonnenflecken-Perioden selbst, eine Periode der Flecken-Häufigkeit von 35.4 Jahren berechnet. Die Zeit zwischen Minimum und Maximum variiert regelmäßig in einem Zyklus von rund 35 Jahren. BIGELOW [1902] meint auch in verschiedener Weise eine Periode von rund 35 Jahren in den Schwankungen der Sonnenflecken und der magnetischen Horizontal-Intensität zu finden [vgl. auch J. REKSTAD 1908, Pl. I]. SCHUSTER meint [1905] auf eine Fleckenperiode von 33.375 Jahren schließen zu müssen. Außerdem findet er kürzere Perioden von 13.57, 11.125, 8.38, 5.625, 4.81, 3.78, und 2.69 Jahren.

F. G. HAHN [1877] unternahm Untersuchungen nach den einzelnen Jahreszeiten von den meteorologischen Elementen und hat die Schwankungen mit denjenigen der Sonnenflecken zusammengestellt Als gewöhnliche Regel fand er, daß die Temperatur wechselt umgekehrt zu den Sonnenflecken, daß dies aber nicht zu allen Jahreszeiten gleich stark ausgeprägt war.

Durch Betrachtung der täglichen Maximal-Temperaturen im Sommer in Genf für die 5 Sonnenflecken-Perioden nach 1843 fand MAC DOWALL [1896], »daß in Sonnenflecken-Maximum-Jahren eine größere Zahl sowohl sehr heißer als sehr kalter Tage vorkommt, wie in den Minimum-Jahren«. Er will dies dadurch erklären, daß, da die Sonnenstrahlung größere Kraft bei Flecken-Maximum zu haben scheint, als bei Minimum, man eine größere Anzahl sehr heißer Tage bei Maximum erwarten muß, aber es dürfte auch die Ursache größerer Verdunstung und Wolkenbildung sein, was sehr kalte Tage hervorrufen wird. MAC DOWALL hat auch Kurven für die Juni-Temperaturen in Triest, Paris, Aachen und Bremen für die Jahre 1831—93 gezeichnet, und diese zeigen viel Übereinstimmung mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve, besonders nach 1860, mit Amplituden zwischen Maxima und Minima auf 1.5° bis 2° C. Seine Fünfjahrs ausgeglichene August-Kurve für Bremen zeigt ausgeprägte Übereinstimmung mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve für die 5 Sonnenflecken-Perioden 1830—83, dagegen scheint die Temperatur in der Periode nach 1883 teilweise in umgekehrter Richtung zu gehen. Seine Fünfjahrs ausgeglichene Kurve für die Sommer-Temperatur (April—September) in Bremen stimmt auch sehr gut mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve für die 4 Perioden 1830—1870 überein; aber weniger gut für die 2 folgenden Perioden (1870—1893).

Man hat auch gefunden, daß die Weinerträge, die Zeit der Weinlese, wie auch die Blütezeit verschiedener Pflanzen in Mittel-Europa und West-

Europa mit den Sonnenflecken wechseln (so auch die Rückkunkszeit der Schwalben nach Frankreich). Diese phänologischen Erscheinungen sollten darauf deuten, daß in diesen Gegenden die Frühlingsmonate in fleckenreichen Jahren wärmer sind als in fleckenarmen. Dies hat auch FLAMMARION für Mittel-Frankreich, und ARRHENIUS [1903, S. 145] für Nord-Schweden (Norrland) gefunden.

Durch Zusammenstellung der Sommer-Temperatur in Turin von sogar 1752 an mit den Sonnenflecken fand RIZZO [1897], daß ein Temperatur-Minimum ungefähr 3 Jahre nach dem Sonnenflecken-Minimum folgte, und ein Temperatur-Maximum 3 Jahre nach dem Sonnenflecken-Maximum, so wie daß die Temperatur-Amplitude 0.43°C. war.

C. NORDMANN [1903] verglich die Jahrestemperaturen für die Zeit 1870—1900 für 13 Tropen-Stationen, verteilt ringsum der Erde. Er fand, daß in der Elfsjahrs-Periode die Temperatur sehr deutlich umgekehrt wie die Sonnenflecken wechselte, wie früher schon KÖPPEN gefunden hatte; aber seine Amplitude zwischen Maxima und Minima war etwas geringer, im Durchschnitt 0.57°C.

Durch eine besondere Analyse hat ALFRED ANGOT [1903] die Schwankungen in zusammen 17 Temperaturreihen für je eine Elfsjahrs-Sonnenflecken-Periode und verteilt auf 6 Tropen-Stationen behandelt. In den 15 Periodenreihen fand er, daß die Temperatur *umgekehrt* wie die Sonnenflecken wechselte, während sie in 2 Reihen: 1857—1867 für Bombay und 1875—1886 für Barbados, in *derselben Richtung* wie die Flecken wechselte.

EASTON [1905] betont, daß in den letzten drei Jahrhunderten das Auftreten der kalten Winter das beste Bild von dem Einfluß gäbe, den die *großen Schwankungen* in der Sonnentätigkeit auf das Klima der ganzen Erde ausüben. In den gemäßigten Regionen spiegelt sich die Sonnenflecken-Häufigkeit wesentlich im Auftreten der sehr kalten Winter wieder [vgl. HANN, 1908, S. 358].

Aus 100 Jahren Beobachtungen in Wien fand HANN [1908, S. 357], daß die Temperatur sowohl im Winter wie im Sommer am höchsten bei Sonnenflecken-Minimum und am niedrigsten bei Flecken-Maximum ist, und die Amplitude zwischen ihnen beiden bestimmte er auf durchschnittlich für den Winter 0.61°C. , für den Sommer auf 0.48°C. , während sie für das ganze Jahr nur 0.25°C. ist.

NEWCOMB [1908] untersuchte mittels eines besonderen mathematischen Verfahrens Temperatur-Reihen für die Jahre 1871—1904 aus weit verstreuten Gebieten, die in den Tropen und auf mittleren Breiten lagen (Vereinigte Staaten, Argentinien, Westindien, Mauritius, Indien, Ceylon, Australien und Stiller Ozean). — Er fand, daß ein Temperatur-Maximum

0.33 Jahr vor dem Sonnenflecken-Minimum kommt, und Temperatur-Minimum 0.65 Jahr nach Flecken-Maximum, und die Amplitude zwischen Temperatur-Maximum und -Minimum 0.26°C . ist. Also ein Ergebnis ähnlich wie das, zu dem KÖPPEN kam, nur daß NEWCOMBS Amplitude wesentlich geringer ist.

NEWCOMB schloß hieraus, daß der gefundene Unterschied in der Temperatur der Erde auf eine entsprechende Fluktuation in der Strahlung der Sonne mit 0.2 Prozent auf beiden Seiten des Mittelwerts deutete. Er fand ferner einige ziemlich unsichere Andeutungen von einer anderen Schwankung in der Temperatur der Erde mit einer Periode von ungefähr 6 Jahren, die am richtigsten wohl auf Schwankungen der Strahlung der Sonne zurückzuführen sei. Sie waren erst nach dem Jahre 1870 bemerkbar, und die durchschnittliche Abweichung von der Mitteltemperatur war geringer als 0.1°C . Schließlich fand er ohne entscheidenden Beweis, daß »there is a certain suspicion of a tendency in the terrestrial temperature to fluctuate in a period corresponding to that of the sun's synodic rotation. If the fluctuations are real they affect our temperatures only by a small fraction of one tenth of a degree«. — Dies sollte also bis zu gewissem Grad mit BIGELOWs Ergebnissen [1894] übereinstimmen, nur daß NEWCOMBS Schwankungen so viel geringer sind; aber er hat den Beobachtungsstoff in einer völlig verschiedenen Weise behandelt und hat u. a. keine Rücksicht darauf genommen, was BIGELOW behauptet, daß die durch die Schwankungen in der Sonnenstrahlung (die BIGELOW die polare magnetische Sonnenstrahlung nennt) hervorgerufenen Schwankungen in der Temperatur der Vereinigten Staaten zu gewissen Zeiten in derselben Richtung, zu anderen Zeiten umgekehrt gehen.

Mittels bolometrischen Messungen, ausgeführt in Washington, fand LANGLEY [1904] es wahrscheinlich, daß die Sonnenstrahlung außerhalb unsrer Atmosphäre (die »Solarkonstante«) Ende März 1903 und für den Rest des Jahres ungefähr um 10 Prozent verringert sein sollte. Durch Zusammenstellung der Temperaturbeobachtungen an 89 Stationen in 7 verschiedenen Gebieten der nördlichen gemäßigten Zone (in Asien, Europa, Nordafrika und Nordamerika) fand er, daß in allen diesen 7 Gebieten die Temperatur ungefähr gleichzeitig sank, und der Temperaturfall in Deutschland sogar mehr als 2°C . betragen sollte. Allerdings fand er ein Steigen in der Temperatur gegen Ende des Jahres, das nicht den Schwankungen in den gefundenen Werten für die Solarkonstante entsprach; er erklärt dies aber durch die gesteigerte Durchsichtigkeit in der Atmosphäre, die im Laufe des Septembers in diesem Jahre beobachtet wurde.

Wenn LANGLEY diese Ergebnisse auch mit großem Vorbehalt angibt, so scheinen sie doch darauf hinzudeuten, daß die Temperatur an der

Erdoberfläche direkt mit der Sonnenstrahlung wechselt, eine Schlußfolgerung, die jedoch durch spätere Untersuchungen stark erschüttert ist.

ABBOT und FOWLE [1908] haben für die Jahre 1875—1905 die Anomalien für die Monatstemperaturen von zusammen 47 Stationen aus verschiedenen Teilen der Erde zusammengestellt. Da sie annahmen, daß die Temperatur auf der Erde mit den Schwankungen in der empfangenen Sonnenstrahlung direkt steige und sinke, wählten sie Stationen, die so weit binnenländisch wie möglich lagen, wo die direkte Sonnenstrahlung sich am meisten geltend machen sollte, ohne daß der ausgleichende Einfluß des Meeres so fühlbar war.

Ihre 47 Stationen waren auf 8 Gebiete verteilt: Nordamerika (15), Südamerika (1), inneres und östliches Europa (8), Nordafrika (2), Südafrika (2), Nordasien (7), Südasien (6) und Australien (6). Die Kurven für jedes dieser Gebiete scheinen sehr unregelmäßig zu sein, aber die Mittel für jedes Jahr für alle Gebiete und alle Temperaturen zeigen eine Elbfahrs-Periode und wechseln umgekehrt wie die Sonnenflecken. Ihre Kurve [1908, Pl. XXV A] weist auch eine ausgeprägte Drei- oder Vierteilung der Elbfahrs-Periode auf, besonders in der letzten Periode 1889—1900, den kurzen Perioden der Sonnenflecken, Protuberanzen und magnetischen Elemente ähnlich (vgl. unsere Fig. 95), was sie nicht erwähnen. Sie sind in dieser Arbeit geneigt zu glauben, die Temperatur-Schwankungen beruhten direkt auf Schwankungen in der empfangenen Sonnenstrahlung, die also dann bei Flecken-Maximum am kleinsten sein sollten, eine Anschauung, die sie später [1913 a] als irrtümlich verlassen haben.

In einer späteren Arbeit [1913 b] haben ABBOT und FOWLE den Zusammenhang zwischen vulkanischen Ausbrüchen und Schwankungen in der Lufttemperatur der Erde untersucht. Sie kommen dabei zu dem Schluß, daß die Sonnenstrahlung, die uns erreicht, durch die Massen vulkanischen Staubes verringert wird, die während großer explosiver Vulkanausbrüche hinausgeschleudert und in den höheren Schichten der Atmosphäre verteilt werden; solche Ausbrüche sind diejenigen des Krakatau im August 1883, des Mont Pelée (Martinique) im Mai 1902, des Santa Maria (Guatemala) im Oktober 1902, des Colima (Südmexiko) im Februar und März 1903, des Katmai (Alaska) im Juni 1912, sowie viele andere. Die winzigen Staubpartikelchen reflektieren und zerstreuen die Sonnenstrahlen. Die dadurch erzeugte Verringerung der an der Erdoberfläche empfangenen Wärme macht sich in der pyrheliometrischen Kurve deutlich bemerkbar, die die durch Messungen gefundenen jährlichen Schwankungen in dieser Wärme anzeigt. Diese Kurve hat ausgeprägte Minima in den Jahren 1884—85, 1890—91 und 1903, oder gerade nach großen vulkanischen Ausbrüchen.

Indem sie eine Art kombiniertes Mittel dieser Kurve und der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve nehmen, stellen sie eine Kurve für die Jahre 1880 bis 1909 dar, die sehr große Ähnlichkeit mit der Kurve für die Anomalien der Maximum-Temperaturen der Vereinigten Staaten (an 15 Stationen) hat und mit der Kurve für die Jahrestemperatur der Erde (47 Stationen).

ARCTOWSKI hat in zahlreichen Abhandlungen [1908—1915] die Klima- und Temperaturschwankungen in verschiedenen Erdstrichen studiert. Er kommt zu dem Schluß, daß rhythmische Schwankungen im Takt mit den Schwankungen der Sonnentätigkeit bestehen, die eine ausgeprägte Elfjahrs-Periode aufweisen. Aber die Schwankungen verlaufen nicht überall auf der Erde gleichartig. An den meisten Stellen gehen sie in umgekehrter Richtung wie die Sonnenflecken, so daß die durchschnittliche Temperatur der Erde merkbar niedriger (mindestens 0.5° C.) bei Sonnenflecken-Maximum sein sollte, als bei Minimum. In einzelnen verstreuter liegenden Gebieten gehen die Temperaturschwankungen in derselben Richtung wie die Sonnenflecken, aber nicht immer regelmäßig. Er findet [1909, S. 124], daß in einem Jahr mit Sonnenflecken-Maximum, wie 1893, was er die Pleionen nennt (d. i. Gebiete mit positiver Temperatur-Anomalie) isoliert auf einem Grunde negativer Anomalien liegen, während es in einem Jahr mit Flecken-Minimum, wie 1900, umgekehrt die Antipleionen (Gebiete mit negativer Temperatur-Anomalie) sind, die Flecke bilden.

Die am schärfsten hervortretende Periode in den meisten der Arctowskischen Temperatur-Kurven, besonders von Tropen-Stationen, ist übrigens nicht die Elfjahr-Periode, sondern eine kürzere, die ziemlich unregelmäßig ist, aber durchschnittlich 2.75 Jahre ausmachen kann, und also dieselbe ist, die Bigelow (und auch die beiden Lockyer) gefunden haben. Ja, diese kürzere Schwankungen findet er in so überwiegendem Maße, daß er kürzlich [1915, S. 171] es als sicher bezeichnet, daß die Schwankungen in Arequipa (Peru) oder in dem äquatorialen Typus der Temperatur-Kurven anscheinend nichts mit der Elfjahr-Periode gemeinsam hat; aber ein gewisser Zusammenhang kann dennoch bestehen. Er meint, daß die kürzeren Schwankungen auch durch entsprechend kurze Schwankungen in der Sonnentätigkeit hervorgerufen sein können. Vulkanischer Staub, meint Arctowski [1915] beweisen zu können, habe kein sonderliches Vermögen, größere Veränderungen in der Temperatur der Erde hervorzurufen, außer in ganz außergewöhnlichen Fällen, wie dem Krakatau-Ausbruch.

In den Tropen, glaubt er, entwickeln sich die Temperaturschwankungen am regelmäßigsten, allein unter dem Einfluß der Schwankungen in der Sonnentätigkeit und ohne störenden Einfluß der atmosphärischen Zirkulation; ja, durch Zusammenstellung [1912, S. 603] der Temperatur-Kurve für

Arequipa (Peru) mit der Kurve für die gefundenen Werte für die »Solar-konstante«, nach den Messungen in Washington 1903 bis 1907, meint er sogar, einen Zusammenhang zwischen den Schwankungen in den Monatsmitteln der Temperatur und den gefundenen kurzweiligen Schwankungen in der »Solarkonstante« sehen zu können.

Indem er Monatsmittel der auf Mount Wilson gefundenen schwankenden Werte für die Solarkonstante im Jahre 1905 und 1906 nimmt, und sie mit den gefundenen monatlichen Temperaturmitteln für Arequipa für dieselben Monate zusammenstellt, findet er es wahrscheinlich, daß eine Anomalie von 1° F. der Monatstemperatur für Arequipa auf einer Anomalie von ungefähr 0.015 Kalorien der »Solarkonstante« von ihrem normalen Werte beruht. Die äußersten Werte für die »Solarkonstante«, die auf Mount Wilson bei diesen Messungen gefunden wurden, waren 1.93 und 2.14 Kalorien, die also jeder Quadratzentimeter der Erdoberfläche (gerade unter der Sonne) empfangen würde, wenn die Wirkung der Erdatmosphäre eliminiert wird. Offenbar verleitet durch Abbot und Fowle, die in ihrer Arbeit vom Jahre 1907 es für wahrscheinlich halten, daß die Temperaturschwankungen der Erde unmittelbar durch Schwankungen in der Sonnenstrahlung hervorgerufen werden, ist Arctowski zu dem Schluß gekommen, daß die Temperatur der Erde besonders in den Tropen unmittelbar wie die Sonnenstrahlung wechsele. In ihrer späteren Arbeit [1913 a] haben Abbot und Fowle indessen selbst den Beweis dafür geliefert, daß sie sich wahrscheinlich geirrt haben, und daß die »Solarkonstante« bei Sonnenflecken-Minimum geringer zu sein scheint, als bei Maximum. Damit wird aber Arctowskis Auffassung unhaltbar. Er scheint deshalb auch in seiner letzten Abhandlung [1915] der Luftzirkulation eine größere Bedeutung beizumessen, ähnlich wie es Huntington tut. — Besonders interessant ist Arctowskis Studium seiner Pleionen und Antipleionen [1909, 1910 und 1914], die, wie er findet, sich mehrere Jahre hindurch halten können, da sich das Zentrum eines Pleions von Jahr zu Jahr vor und zurück nach irregulären Kurven bewegen kann.

Wir haben [1909, S. 214] nachgewiesen, daß die Winter-Temperatur (1. November—30. April) in Norwegen (an Ona Leucht-Station) für die Jahre 1874—1907 in ähnlicher Weise wie die Sonnenflecken schwanken, so daß hohe Wintertemperatur mit Flecken-Maximum zusammenfällt.

In seiner wertvollen Arbeiten über die Wasserstandsschwankungen der großen schwedischen Seen hat Dr. AXEL WALLÉN [1910, 1913] auch die Schwankungen der Lufttemperatur in Stockholm seit Mitte des 18. Jahrhunderts studiert. Er findet mehrere ganz kurze Perioden von ein, zwei

und vier Wochen¹, und längere Perioden von 12 und von 25 oder 26 Monaten, und dann von 11 Jahren, von 33 Jahren, und außerdem Andeutungen zu einer Periode von mehr als 110 Jahren. Die Elfjahrs-Periode ist doppelt mit zwei Maxima und zwei Minima. Die beiden Minima sind ungefähr gleich tief, das Hauptmaximum aber bedeutend stärker als das sekundäre Maximum. Diese Teilung ist aber sehr unregelmäßig und kommt nur im Mittel für eine lange Jahresreihe zum Vorschein, und zwar am deutlichsten für die Wintertemperaturen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Periode von 33 Jahren in ähnlicher Weise geteilt ist.

Die geringjährigen und die 11-jährigen Temperaturschwankungen hat Wallén bei einer ganzen Reihe von Stationen in Nordeuropa wie in Upsala und Stockholm gefunden. Die Maxima und Minima sind einander vollständig entsprechend auf den verschiedenen Stellen, und scheinen gleichzeitig aufzutreten. Er hat ferner gefunden, daß die Wintertemperaturen stärker als die Temperaturen zu anderen Jahreszeiten von diesen Schwankungen beeinflusst sind.

Dr. OSC. V. JOHANSSON hat durch Ausgleichen mit fünfjährigen Mitteln gefunden, daß die Temperatur, Ernteerträge und Eisgang der Flüsse in Finnland anscheinend etwas günstiger bei und etwas nach dem Sonnenmaximum als beim Minimum ausfallen. Später hat er [1912] durch dreijährige Mittel der Lufttemperatur in Helsingfors untersucht ob die Sonnenfleckenperiode dort doppelt ist, wie es Wallén [1910] für Schweden gefunden hat. Johanssons Untersuchung ergab ziemlich deutlich eine doppelte Periode. Die beiden Minima fallen beiläufig mit den Sonnenfleckenextremen zusammen, und die beiden Maxima fallen ungefähr drei bis vier Jahre später. Die beiden Perioden sind ziemlich gleichwertig, aber meistens scheint die Kurve bei und nach dem Sonnenfleckenminimum etwas niedriger als bei und nach dem Maximum. Die ganze Amplitude ist im Sommer nur die Hälfte derjenigen im Winter, und für das Jahr 1.4°C , ungefähr dieselbe wie Wallén für Karlstad—Vänersborg gefunden hat. Die geringjährige Schwankung der Temperatur in Helsingfors wurde für den Winter zu 3.0 Jahre, für den Sommer zu 2.7 und für das Jahr zu 2.9 Jahre bestimmt. Nach Johansson findet man sehr deutlich, »daß diese kurze Schwankung insbesondere für den Winter von der Meerestemperatur des Nordmeeres abhängt (vgl. die Ergebnisse von Pettersson und Meinardus)*. Diese Äußerung muß so zu verstehen sein, daß die Lufttemperatur in

¹ Wallén meint, daß diese kurzen Perioden von der Bewegung des Mondes abhängig sein können, in ähnlicher Weise wie Otto Pettersson es für gewisse oceanographische Phänomene angenommen hat. Er scheint nicht daran gedacht zu haben, daß es näher liege, seine kurzen Perioden in Verbindung mit der synodischen Rotation der Sonne zu setzen.

Helsingfors und die Wassertemperatur bei den norwegischen Leuchtfuern (nicht im Nordmeere) die gleichen Schwankungen aufweisen, daß somit die Schwankungen nicht nur für Norwegen und Schweden, sondern auch für Finnland — oder Teile davon — gemeinsam sind.

In seiner Arbeit über Vulkan-Staub und Klima-Schwankungen stellt HUMPHREYS [1913] die jährlichen Mitteltemperaturen für die Zeit 1872—1912 für 17 Stationen in den Vereinigten Staaten, 7 Stationen in Europa und 1 Station in Indien zusammen. Er hat besonders Stationen gewählt, die in einiger Höhe über dem Meere liegen. Die meisten liegen zwischen 2000 und 10,000 Fuß ü. d. M. — Die Schwankungen in diesen Mitteltemperaturen hat er in derselben Weise wie Abbot und Fowle [1913] mit den Schwankungen in der Anzahl der Sonnenflecken, mit den Schwankungen in der gemessenen Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche (durch pyrheliometrische Messungen gefunden), und ferner mit den Vulkanausbrüchen auf der Erde zusammengestellt. Er findet augenfällige Übereinstimmungen und indem er Abbot und Fowles kombinierte Kurve für die Sonnenflecken und die pyrheliometrischen Werte (an der Erdoberfläche) bis zum Jahre 1913 verlängert, erzielt er einen noch überzeugenderen Eindruck von der Übereinstimmung zwischen dieser Kurve und der Kurve für die terrestrische Temperatur. Diese letzte hat er übrigens auch rückwärts fortgesetzt bis 1750 und mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve sowie mit den bekannten Vulkanausbrüchen zusammengestellt. Während es für die zwei Kurven für Temperatur und Sonnenflecken viele Unstimmigkeiten gibt, scheint zwischen den Jahren mit besonders niedrigen Temperaturen — wie 1767, 1785, 1813—16 usw. — und bekannten heftigen Vulkanausbrüchen ein merkwürdiges Zusammentreffen zu bestehen. Humphreys kommt dadurch zu demselben Schluß, wie Abbot und Fowle, nämlich daß die Schwankungen in der Temperatur an der Erdoberfläche teilweise auf Schwankungen in der Sonnentätigkeit beruhen, die eine Elfsjahrs-Periode (Sonnenflecken-Periode) haben, und teilweise auf vulkanischem Staub in der Atmosphäre der Erde. Der letztere sollte infolge des geringen Durchmessers der Partikelchen die Eigenschaft besitzen, Strahlen mit kurzer Wellenlänge (die hellen Sonnenstrahlen) in weit höherem Grade zu reflektieren und zu zerstreuen, als Strahlen mit langer Wellenlänge (die dunkeln Wärmestrahlen von der Erde). Dadurch sollte die Einstrahlung an der Erdoberfläche weit mehr (30 mal mehr) verringert werden, als die Ausstrahlung von der Erde. Die elfjährigen Schwankungen sollten dadurch hervorgerufen werden, daß das Sonnenlicht nach seiner Annahme weniger violette und ultraviolette Strahlen bei Sonnenflecken-Maxima enthält, als bei Minima, da sie bei Maxima durch Partikeln in der Sonnen-Korona, die

dann ebenfalls ihr Maximum hat, reflektiert und zerstreut werden. Da die ultravioletten Strahlen Ozon bilden, sollte dieses vorzugsweise in der isothermen Schicht unsrer Atmosphäre (über 11 Kilometer Höhe) während Flecken-Minima gebildet werden. Aber da das Ozon die Eigenschaft besitzt, die hellen Wärmestrahlen verhältnismäßig leicht durchschlüpfen zu lassen, dagegen die dunkeln Wärmestrahlen zurückzuhalten, so sollte gesteigerte Ozonbildung ein Steigen der Temperatur an der Oberfläche dadurch hervorrufen, daß sie die Ausstrahlung von der Erde vermindert. Wir werden später auf Humphreys Theorien zurückkommen.

Eine wertvolle Arbeit hat Dr. JOHANNES MIELKE [1913] ausgeführt, indem er die Jahrestemperaturen für die Jahre 1869 bis 1910 von nicht weniger als 487 verschiedenen Stationen, verstreut über der ganzen Erde, verglichen hat. Er hat diese verschiedenen Stationen zu 25 Gebieten zusammengefaßt, gleich denen, die Köppen früher benutzt hat, und hat dadurch einen einigermaßen wahrscheinlichen Ausdruck für die Temperatur über verschiedenen Teilen der Erdoberfläche in den untersuchten Jahren finden können. Seine Temperatur-Reihen zeigen im großen ganzen eine unbestreitbare Übereinstimmung mit den Schwankungen in der Anzahl der Sonnenflecken, aber diese Übereinstimmung ist am ausgeprägtesten für die Tropen. Als durchschnittliche Amplitude zwischen den wärmsten Jahren (bei Sonnenflecken-Minimum) und den kältesten Jahren (bei Sonnenflecken-Maximum) fand er für

die Tropen in den Jahren 1820—54 : 0.65° C.,
in den Jahren 1870—1910 : 0.40° C.;
die Ektropen in den Jahren 1820—54 : 0.51° C.,
in den Jahren 1870—1910 : 0.35° C.

Im folgenden Jahre hat KÖPPEN [1914] eine neue Arbeit über die Temperaturen der Erde, die Sonnenflecken und Vulkanausbrüche veröffentlicht, die wesentlich auf den beiden vorgenannten Abhandlungen von Mielke und Humphreys fußte. Die von Mielke gefundenen Temperatur-Reihen benutzt er dazu, um Kurven darzustellen, die einen überzeugenden Eindruck von den Übereinstimmungen zwischen den Schwankungen in der Temperatur der Atmosphäre der Erde, und den Sonnenflecken machen [vgl. Fig. 65 unten]. Die beste Übereinstimmung weisen — wie schon früher gefunden — die Schwankungen in den Tropen. Köppen erörtert auch eingehender Humphreys Theori, daß die Temperatur-Schwankungen zum Teil auf Vulkanstaub in der Erdatmosphäre beruhen. Wir werden später auch auf Köppens Arbeit zurückkommen.

Während wir im Begriff sind, diese Arbeit abzuschließen, veröffentlicht KROGNESS [1917] in der Zeitschrift »Naturen« (März 1917) einen

interessanten Artikel über den Zusammenhang zwischen magnetischen Stürmen und meteorologischen Schwankungen. Die Abhandlung ist zum Teil das Ergebnis höchst wertvoller Beobachtungen, die KROGNESS am Haldde-Observatorium in Finnmarken gemacht hat. Er betont, daß die Schwankungen im Erd-Magnetismus ein mindestens ebenso gutes Maß für die Schwankungen in der Sonnentätigkeit geben, wie die Relativzahlen der Sonnenflecken, die am häufigsten hierzu benutzt werden. Indem er die Beobachtungen am Kristiania Observatorium über die täglichen Variationen der magnetischen Deklination als Maß für die magnetische Stürmischeit benutzt, findet er, daß die elfjährige Schwankung in dieser direkt einer elfjährigen Schwankung in der Oberflächen-Temperatur bei Ona Feuer (an der norwegischen Westküste) entspricht, und zwar in der Weise, daß Maximum von Temperatur auf Maximum magnetischer Stürmischeit fällt, das also wieder dem Flecken-Maximum entspricht [vgl. HELLAND-HANSEN und NANSEN 1909, Fig. 73]. Er hat auch das Verhältnis zwischen den Schwankungen in der magnetischen Stürmischeit und in der Luft-Temperatur an verschiedenen Stationen in Norwegen zu verschiedenen Jahreszeiten untersucht, und zwar sowohl weit oben im Norden (Alten und Andenes) wie weiter südlich (Kristiansund und Domaas). Er fand dabei, daß im *März-April* eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Schwankungen in der magnetischen Stürmischeit und den Temperatur-Schwankungen sowohl an den von ihm untersuchten Stationen herrscht, wie auch durchschnittlich in ganz Norwegen (22 meteorologischen Stationen), so daß das Maximum magnetischer Stürmischeit ein wenig vor dem Maximum der Luft-Temperatur auftritt. Dagegen verhält sich die Sache anders zu anderen Jahreszeiten. Im *Januar* z. B. gehen die Temperatur-Schwankungen an den von ihm benutzten Stationen sowohl wie in ganz Norwegen in umgekehrter Richtung zu den Schwankungen in der magnetischen Stürmischeit. Andeutungen derselben Art gibt es auch im Herbst in den Monaten *September-Oktober*, besonders im nördlichen Norwegen. Berücksichtigt man das ganze Jahr als Einheit, so besteht im großen ganzen eine gewisse Andeutung von Übereinstimmung zwischen Temperatur-Schwankungen und Schwankungen in der magnetischen Stürmischeit, aber derart, daß das Maximum von Temperatur durchschnittlich ein paar Jahre nach dem Maximum der magnetischer Stürmischeit eintritt. KROGNESS scheint zu meinen, daß die Schwankung in der Sonnenstrahlung, die die Erde erreicht, eine unmittelbare Wirkung auf die Luft-Temperatur an der Erdoberfläche an den verschiedenen Stationen hat, und daß dies — in Verbindung mit Schwankungen in der Luftzirkulation und der Ausstrahlung — an der von ihm beobachteten Übereinstimmung der Temperatur-Schwankungen mit den Schwan-

kungen der magnetischen Stürmischkeit Schuld sein sollte. KROGNESS geht auch davon aus, daß die Temperatur des Meeres bei Sonnenflecken-Maximum am höchsten ist in Folge der höheren Intensität der Sonnenstrahlung, eine Annahme die für das offene Meer im allgemeinen nach unseren Ergebnissen nicht stichhaltig ist.

In einem neuen Teil seines Artikels (*»Naturen«* für April 1917) weist KROGNESS auf Grund der Beobachtungen auf Haldde (1912—15) eine Periode von durchschnittlich 27.3 Tagen, und eine davon halbe, 14-tägliche Periode in der magnetischen Stürmischkeit nach, die mit der synodischen Umdrehung der Sonne in Verbindung stehen (vgl. Bigelow oben S. 143 f.). Er findet auch zwei sehr interessanten Perioden von ungefähr 8 Monaten und 2 Jahren in der magnetischen Stürmischkeit in Kristiania seit 1843, die mit den Perioden (von ungefähr 236 Tagen) der heliozentrischen Konjunktionen von den Planeten Venus und Jupiter in Verbindung mit der jährlichen Periode der Variation der Deklination in Kristiania zusammenfallen¹. Er veröffentlicht zwei Kurven: für die Lufttemperatur in ganz Norwegen und für die Oberflächen-Temperatur an Ona Feuer. Diese beide Kurven zeigen dieselbe Periode von 2 Jahren, aber etwas unregelmäßig, so daß sie bisweilen eine Dauer von beinahe 3 Jahren, wie im Zeitraum 1883—89 hat, und bisweilen kürzer als zwei Jahre ist. Die Temperatur-Kurven schwanken daher teils, und meistens, direkt und teils umgekehrt wie die Kurve für die magnetische Stürmischkeit in Kristiania. Die achtmonatliche Periode ist in diesen Kurven schwieriger zu spüren².

¹ Zwei Perioden von 8 und 12 Monaten können ja in jedem 24. Monat zusammenfallen, und eine gesteigerte Wirkung wird dann erzeugt, wodurch eine Zweijahrs-Periode entsteht.

² Als wir diesen Korrektubogen an die Druckerei zurücksenden sollen, erscheint eine Abhandlung: „Über die Beziehung der Temperatur zur Sonnenfleckenperiode“ von OTTO MEISSNER in *Ann. der Hydr. für Mai* [1917]. Es wird darin erwähnt, daß derselbe Verfasser schon früher [*Astr. Nachrichten* Bd. 189, S. 371—374] gezeigt hatte, daß für Berlin einem Sonnenfleckenmaximum ein Temperaturminimum und ein Niederschlagsmaximum entsprechen, während drei Jahre später die umgekehrten Phasenextreme eintreten, und um das Minimum herum annähernd normale Verhältnisse herrschen. Meissner untersucht jetzt die Temperatur-Schwankungen in Berlin für jeden Monat des Jahres während $7\frac{1}{2}$ Sonnenflecken-Zyklen (von 1822 bis 1907), und findet folgenden Zusammenhang mit der Sonnenflecken-Periode: In den drei Wintermonaten und in den drei Sommermonaten ist eine (einfache und doppelte) Periodizität vorhanden, am ausgeprägtesten im Januar und Juli (aber mit merklich verschobenen Phasen!). Im Frühling und Herbst ist von einer solchen Periodizität nichts zu erkennen. Im Januar und Februar kommt ein Hauptminimum ein Jahr nach Sonnenflecken-Maximum, während z. B. im Juli ein Minimum drei Jahre nach Flecken-Maximum kommt und in demselben Jahre wie ein Temperatur-Maximum im Januar. Juli hat ein Hauptminimum zur Zeit des Flecken-Minimums, usw. Das Jahresmittel zeigt eine ausgesprochene doppelte Periodizität mit einem Hauptminimum zur Zeit des Flecken-Maximums (und ein Jahr später) und einem Nebenminimum zur Zeit des Flecken-Minimums.

Schwankungen im Luftdruck und in der Sonnentätigkeit.

Auch in den Schwankungen in den andern meteorologischen Elementen sind bekanntlich von verschiedenen Forschern mit größerer oder geringerer Sicherheit Übereinstimmungen mit den Schwankungen der Sonnenflecken nachgewiesen worden.

Daß Schwankungen im Luftdruck mit unbekannten Schwankungen in der Sonnentätigkeit in Verbindung standen, hatte man schon lange geahnt. CHARLES CHAMBERS [1857] betonte, daß die Variationen in dem jährlichen Barometer-Druck in Bombay eine Periodizität aufwiesen, die ziemlich genau der Sonnenflecken-Periode entsprach. Wenige Jahre darauf wies FRED. CHAMBERS [1878] nach, daß die Beobachtungen des Luftdrucks in Bombay für Winter- und Sommerhalbjahr, wie auch für beide zusammen, niedrigere Werte ergaben, wenn die Sonnenflecken kräftig entwickelt waren, und umgekehrt; aber die Kurve für den Luftdruck lag etwas hinter der Kurve für die Sonnenflecken, besonders in Jahren mit einem Maximum von Sonnenflecken. Die Luftdruck-Kurve für den Winter war regelmäßiger als die Luftdruck-Kurve für den Sommer. Aus diesen Beobachtungen zog CHAMBERS den irrthümlichen Schluß, daß, da die Schwankungen des Luftdrucks auf Erwärmung der Erdoberfläche beruhten, die Sonne am wärmsten und folglich auch die Temperatur der Erde am höchsten sein müßten bei einem Maximum von Sonnenflecken, wo ein Minimum von Luftdruck bestand.

Bereits in demselben Jahr stützte JOHN ALLAN BROUN [1878] Chambers' Nachweis, indem er durch Vergleichen von Beobachtungen aus Singapur, Trevandrum, Madras und Bombay nachwies, daß die Jahre mit höchstem und niedrigstem mittleren Luftdruck wahrscheinlich für ganz Indien gemeinsam wären. Hieraus zog er dann den Schluß, daß in diesem ganzen Gebiet *der Luftdruck umgekehrt wie die Sonnenflecke schwanken*, in derselben Weise wie das für Bombay gälte. Am Ende desselben Jahres stützte S. A. HILL [1878] diesen Befund durch ähnliche Daten aus Calcutta.

HILL untersuchte auch [1879] die Jahresamplitude für die Schwankungen des Luftdrucks in Calcutta für 1840—1878 sowie in Roorkee für 1864—1878, und fand, daß sie sich, ähnlich wie die Jahresamplitude für die Temperatur in nordwestlichen Indien, umgekehrt wie die Sonnenflecken veränderte, so daß die Maximum-Druck-Amplitude ziemlich genau mit dem Sonnenflecken-Minimum zusammenfiel, und umgekehrt. Er war geneigt, hieraus zu schließen, daß die Sonnenstrahlung im allgemeinen am intensivsten um die Zeit des Minimums der Fleckenbedeckung der Sonne ist.

Im Mai dess. Js. wies E. D. ARCHIBALD [1879] auf den merkwürdigen Umstand hin, auf den er von S. A. HILL aufmerksam gemacht worden war, daß in Petersburg der mittlere jährliche Luftdruck in *derselben Richtung* schwankte wie die Sonnenflecken; er war am höchsten bei Flecken-Maximum und am niedrigsten bei Flecken-Minimum; aber die Periode für die Luftdruck-Schwankung lag etwas nach der Periode für die Flecken-Schwankung.

BLANFORD [1879, 1880] dehnte seine Untersuchungen auf noch größere Gebiete aus, indem er Beobachtungen aus Batavia, Singapore, Colombo, mehrere indische Stationen und Mauritius mit aufnahm. Er wies nach, daß im ganzen indo-malayischen Gebiet der Luftdruck umgekehrt zu den Sonnenflecken schwankte. Diese Schwankungen waren am deutlichsten und regelmäßigsten entwickelt an insularen Stationen in unmittelbarer Nähe des Äquators. Aber gleichzeitig wies er auch das höchst interessante Verhältnis nach, daß, was HILL und ARCHIBALD von Petersburg erwähnt hatten, — daß dort nämlich der Luftdruck direkt mit den Sonnenflecken schwankte — auch für Stationen weiter östlich in Rußland und Sibirien, in Ekaterinenburg und in Barnaul galt, (übrigens auch, wenn schon weniger ausgeprägt, für die Stationen Bogolovsk und Slatoust im Ural). — Er wies ferner nach, daß diese Schwankung direkt mit den Sonnenflecken allein für den Luftdruck im Winter galt, und zwar sowohl in Petersburg wie in Ekaterinenburg und in Barnaul, während seine Kurven für den Sommer teilweise die Neigung zu haben scheinen, in umgekehrter Richtung zu den Winterkurven zu verlaufen. Er erwähnt nicht, daß die Amplitude seiner Winterkurven an Größe abnimmt von Petersburg an und ostwärts, ebenso wenig wie er den äußerst interessanten Umstand bespricht, daß seine Sommerkurven, besonders für Ekaterinenburg und Barnaul, im ganzen denselben Charakter haben, wie sowohl die Sommerkurven als auch die Jahreskurven für den Luftdruck an den indischen Stationen. Der Luftdruck im Sommer an den sibirischen Stationen schwankt also fast umgekehrt wie die Sonnenflecken. —

Wir sehen hieraus, daß zwischen Rußland und Westsibirien einerseits und dem indo-malayischen Gebiet (vielleicht auch das chinesische Gebiet darin einbefaßt) andererseits im Winter eine gegenseitige und periodische Oszillation des Luftdrucks besteht, und zwar in der Weise, daß, während im Winter in Westsibirien und Rußland Maximum bei Sonnenflecken-Maximum herrscht, Minimum im indo-malayischen Gebiet besteht, und umgekehrt bei Sonnenflecken-Minimum. Oder, wie er es bei einer späteren Gelegenheit [1891, S. 586] ausdrückt: »In years of maximum sun-spots a larger portion of the tropical atmosphere is transferred to high latitudes

in the winter hemisphere, which again implies an increased disturbance of atmospheric equilibrium at that epoch between the tropics and the circumpolar zone, and therefore an increased intensity of the disturbing agent.«

An den tropischen Stationen fand er nur geringen Unterschied zwischen den Schwankungen im Luftdruck im Sommer und Winter. Er verlief in beiden Jahreszeiten umgekehrt wie die Sonnenflecken.

BLANFORD meint, die beobachteten Schwankungen im Luftdruck müßten ihren Sitz in höheren, wahrscheinlich den wolkenbildenden Schichten der Atmosphäre haben. Dies schließt er erstens daraus, daß er die Luftdruck-Anomalie für die Zeit bei Hochdruck zwischen Mai 1876 und August 1878 bedeutend größer im Himalaya in 6900 Fuß Höhe fand, als auf den Ebenen im unteren Bengalien. Ferner meinte er auch, denselben Schluß aus der von Gautier und Köppen nachgewiesenen Tatsache ziehen zu können, daß die Temperatur der Atmosphäre an der Erdoberfläche in einer Weise schwankt, die im gegensätzlichen Verhältnis zu den Druck-Schwankungen steht, da ja höhere Temperatur gleichzeitig mit hohem Luftdruck bei Sonnenflecken-Minimum eintritt, und umgekehrt bei Sonnenflecken-Maximum niedrigere Temperatur und niedriger Luftdruck herrschten. Er meint deshalb, es sei ein sinngemäßer Schluß, daß der wesentlichste Faktor, um die beobachtete Verringerung im Luftdruck bei Sonnenflecken-Maximum hervorzubringen, die Vergrößerung der Verdunstung und des Aufsteigens von Wasserdampf ist, die auf drei verschiedene Weisen wirken können: erstens dadurch, daß der Wasserdampf Luft verdrängt, deren Dichte $\frac{3}{8}$ mal größer ist, zweitens dadurch, daß er gebundene Wärme durch seine Kondensation in den höheren Schichten freimacht, und drittens durch die aufwärtssteigende Ströme, die den Druck der Atmosphäre im ganzen dynamisch verringern. Der erste und der zweite dieser Vorgänge werden den Druck nicht unmittelbar verringern, sondern nur die Dichte der Luftschicht, und zwar dadurch, daß sie deren Volumen vermehren. Aber dadurch muß ein Teil der oberen Atmosphäre verschoben werden, und zwar wird er notwendigerweise nach Gebieten überfließen, wo die Wasserdampf-Erzeugung auf einem Minimum steht, also in den polaren Gebieten und den kälteren Teilen der gemäßigten Zone, besonders dort, wo eine kalte und trockne Landoberfläche eine starke Ausstrahlung unter einem Winterhimmel hat. Aber so ist es gerade auf den nördlichen Ebenen im europäischen Rußland und in Westsibirien.

Im selben Jahre untersuchte FRED. CHAMBERS [1880] mit Hilfe aller zugänglichen Daten die Schwankungen des Luftdrucks für die Jahresreihe 1843—79 an den tropischen Stationen St. Helena, Mauritius, Bombay,

Madras, Calcutta, Batavia und Zikawey und fand eine auffallende Übereinstimmung in den ausgeglichenen Kurven für den Verlauf des Luftdrucks an diesen verschiedenen Stationen, jedoch derart, daß die Schwankungen an den westlichen Stationen mehrere Monate früher eintraten, als an den Stationen weiter im Osten. CHAMBERS meinte daraus auf lange atmosphärische Wellen schließen zu können, die sich sehr langsam, und zwar mit verschiedener Schnelligkeit ringsum die Erde von Westen gegen Osten gleich den Zyklonen in den ekotropischen Strichen bewegten.

Indem er diese Luftdrucks-Kurven für die verschiedenen Stationen mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve verglich, zeigte sich denn auch eine auffallende Ähnlichkeit. Aber die Zeiten für Maximum und Minimum kamen nach den entsprechenden Zeiten für Minimum und Maximum von Sonnenflecken, und der Zeitunterschied schwankte von ungefähr 6 Monaten bis etwa $2\frac{1}{2}$ Jahren, im Mittel war er ungefähr 1 Jahr und 8 Monate. Er meinte also, daß auf die Variationen in der fleckigen Oberfläche der Sonne mehrere Monate später entsprechend abnorme Luftdruck-Schwankungen folgten. Er setzte auch die Hungersnöte in Indien mit diesen Luftdruck-Schwankungen in Verbindung, indem er meinte, daß die Hungersnot nach seinen atmosphärischen Wellen mit hohem Luftdruck folgten.

Durch seine obenerwähnten spektroskopischen Untersuchungen der Sonnenflecken seit 1870 meinte Sir NORMAN LOCKYER schon im Jahre 1886 mit Sicherheit behaupten zu können, daß die Sonne am wärmsten bei Sonnenflecken-Maximum wäre. Bei Sonnenflecken-Minimum waren die erweiterten Linien im Sonnenflecken-Spektrum wesentlich die Linien für Eisen und einige andre Metalle, aber bei Maximum waren die am meisten erweiterten Linien, die sogenannten »unbekannten«, die man nicht vom Spektrum irdischer Elemente kennt. Es war deshalb sinngemäß anzunehmen, daß die Sonne nicht nur bei Sonnenflecken-Maximum wärmer war, sondern auch warm genug, um Eisendämpfe zu dissociieren.

Im Jahre 1900 hatte NORMAN LOCKYER und WILLIAM LOCKYER Beobachtungen über diese erweiterten spektroskopischen Linien für einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren gesammelt. Es zeigte sich dann, daß die zwei Arten von spektroskopischen Linien bis zum Jahre 1894 oder 1895 sehr regelmäßigen und einander entgegengesetzten periodischen Schwankungen unterworfen waren in der Weise, daß, wenn man sie graphisch in Kurven darstellt, die Kurve für die Eisen-Linien aufwärts stieg, wenn die Kurve für die »unbekannten« Linien abwärts ging, und umgekehrt. Dies Verhältnis setzte sich bis zum Jahre 1895 unverändert fort. Mit gewissen Zwischenräumen mußten also die beiden Kurven einander kreuzen, und

das mußte dann nach der obenangedeuteten Hypothese zu den Zeiten geschehen, wo die Temperatur der Sonne, wie anzunehmen wäre, einen mittleren Wert hatte. Diese Kreuzungspunkte lagen, wie man fand, ziemlich genau in der Mitte zwischen Maximum und Minimum von Sonnenflecken, zwischen den Zeiten also, wo man annehmen mußte, daß die Sonne wärmer und kälter als das Mittel war.

Indem sie nun die Schwankungen in den Sonnen-Protuberanzen studierten [1902], fanden sie, daß allerdings die Protuberanzen im großen ganzen in derselben Weise schwankten wie die Sonnenflecken; aber innerhalb der elfjährigen Flecken-Periode beständen drei ausgeprägte kürzere Perioden von ungefähr $3\frac{1}{2}$ oder 3.7 Jahren in den Schwankungen der Protuberanzen; und diese drei Perioden fallen derart, daß, während das Maximum für die mittlere Periode auf das Maximum von Sonnenflecken fiel, die Maxima für die beiden andern Perioden auf die Kreuzungspunkte der Kurven für die zweierlei spektroskopischen Linien fielen.

Durch Zusammenstellung dieser Protuberanz-Kurve mit den Kurven für die Luftdruckschwankungen in Indien fanden sie eine auffallende Übereinstimmung, wenigstens für den Zeitraum 1877 bis 1890, insofern als die Luftdruck-Kurven gerade dieselben Perioden von ungefähr 3.7 Jahren zeigten, und zwar so deutlich ausgeprägt, daß es die elfjährige Periode, die mit den Sonnenflecken zusammenfiel, wesentlich überschattete.

Um zu sehen, ob diese merkwürdige Übereinstimmung nur auf das indische Gebiet begrenzt war, dehnten sie ihre Untersuchungen auf einen anderen Teil der Erde aus und untersuchten die Luftdruck-Schwankungen in Cordoba in Argentinien. Sie fanden auch hier eine merkwürdige Übereinstimmung, jedoch mit dem wichtigen Unterschied, daß die Kurve hier umgekehrt war: Jahre mit hohem Luftdruck in Indien entsprachen Jahren mit niedrigem Luftdruck in Cordoba. Dies gilt besonders für die Zeit April bis September — also den Sommer der nördlichen Halbkugel und den Winter der südlichen Halbkugel — und für das ganze Jahr; dagegen weniger für den Sommer der südlichen Halbkugel, also von Oktober bis März. — Es erscheint natürlich, daß diese gleichzeitigen Schwankungen eine gemeinsame Ursache haben mußten, die also den mittleren barometrischen Wert der Tiefdruck-Monate im indischen Gebiet zum Steigen brachte, während sie gleichzeitig den mittleren Wert der Hochdruck-Monate in Cordoba senkte. Weitere Untersuchungen zeigten auch, daß eine ähnliche Gleichzeitigkeit in den Luftdruck-Schwankungen an verschiedenen Stationen auch in Europa bestand, die eine ähnliche Periode von wenigen Jahren hatte.

Die gemeinsame Ursache für diese Druck-Schwankungen mußte am wahrscheinlichsten außerhalb der Erde liegen, und es liegt dann nahe zu schließen, daß man sie in den gleichzeitigen Ausbrüchen von Protuberanzen suchen muß, die ebenfalls mit Schwankungen in der Breitenlage der Sonnenflecke auf der Sonne zusammenfallen, und die dieselben Perioden von ungefähr $3\frac{1}{2}$ Jahren haben. Wir müssen annehmen, meinten sie, daß die wechselnde Intensität in der Sonnentätigkeit im Laufe der elf-jährigen Flecken-Periode eine unmittelbare Wirkung auf den Luftdruck und auf den Kreislauf der Atmosphäre, und auf diese Weise auf die meteorologischen Verhältnisse der ganzen Erde hat.

Sie fanden ferner noch, daß diese Schwankungen mit einer Periode von wenigen (3—4) Jahren nicht die einzig wirksamen waren, sondern daß die 11-jährigen und 35-jährigen Perioden offenbar Einfluß auf diese kürzeren Schwankungen hatten.

Aber, wie oben erwähnt, bestand nach 1894 oder 95 ein merkwürdiger Bruch in dem regelmäßigen Verlauf der Kurven für die zweierlei spektroskopischen Linien für die Sonnenflecken, und gleichzeitig machten auch die indischen Meteorologen Mitteilungen über Unregelmäßigkeiten im Niederschlag in Indien. Übrigens ist auch noch zu bemerken, — worauf die beiden LOCKYER selbst nicht aufmerksam machen —, daß für die Jahre nach 1890 sowohl ihre Sommer- als ihre Winter-Kurven für den Luftdruck in Bombay in umgekehrter Richtung verlaufen, wie die Schwankungen in den Protuberanzen¹, während ihre Kurve für April bis September für Cordoba in derselben Richtung gehen, wie die Schwankungen in den Protuberanzen für diese Jahre, daß also ihre Kurven für beide Stationen für diese Zeit invertiert sind.

Später [1904 und 1908] haben NORMAN und WILLIAM LOCKYER ihre Untersuchungen auf andere Gebiete der Erde ausgedehnt und gefunden, daß die zwei entgegengesetzten Typen von Luftdruck-Schwankungen beide sehr große Ausdehnung haben. Das Gebiet, in dem der Luftdruck direkt wie die Protuberanzen schwanken, erstreckt sich über den ganzen Indischen Ozean mit Australien und Südafrika, ferner nordwärts über Arabien, Persien, Nordafrika, Südeuropa bis nach Island und Grönland, und von dort weiter über das nördliche Kanada bis nach Alaska, — während in Südamerika, dem westlichen Nordafrika, dem größten Teil von Nordamerika und dem Stillen Ozean und ferner in Ostasien, Sibirien, dem nördlichsten Rußland und dem nördlichsten Skandinavien die Luftdruck-Schwankungen

¹ Es ist aber bemerkenswert, daß die Druckkurven für Bombay in dieser Zeit zum Teil eine bessere direkte Übereinstimmung mit den Kurven für die Schwankungen der heliographischen Breiten der Sonnenflecken aufweisen.

meist umgekehrt wie die Protuberanzen gehen. In einem Teil dieser Gegenden, wie z. B. in Südwest- und in Mitteleuropa, im östlichsten Kanada u. m. a. verlaufen die Schwankungen teilweise in der einen und teilweise in der andern Weise, und die Kurven, die die Schwankungen in diesen Gegenden darstellen, werden demnach einen Misch-Typus bilden. Wie man sehen wird, fällt diese Einteilung der Erde in verschiedene Gebiete, wo die Schwankungen in entgegengesetzter Richtung gehen, in großen allgemeinen Zügen mit der Hildebrandssonschen Einteilung der Erdoberfläche in verschiedene Aktionszentren zusammen, wo die Schwankungen ebenfalls umgekehrt verlaufen.

Aber es scheint also auch ein auffallender Gegensatz zu bestehen zwischen diesem Ergebnis der beiden LOCKYER, daß in Indien der Luftdruck in ihrer Dreijahrs-Periode direkt wie die Protuberanzen schwankt und z. B. in Sibirien umgekehrt, und dem Nachweis, den CHAMBERS, BROUN, HILL, ARCHIBALD, BLANFORD und Andre geliefert haben, daß in der Elfsjahr-Sonnenflecken-Periode der Druck in Indien in *umgekehrter* Richtung wie die Sonnenflecken schwankt, während er in Rußland und Sibirien *direkt* wie diese wechselt.

Übrigens machen die beiden LOCKYER auf den interessanten Umstand aufmerksam, daß es sich an einzelnen Stellen sehr häufig zeigt, daß, während die Schwankungen längere Zeit dem einen der beiden Typen folgen: Bombay oder Cordoba, sie für eine andre Reihe von Jahren plötzlich zu dem andern Typus übergehen, so daß z. B. der Luftdruck erst direkt wie die Protuberanzen schwankt, um plötzlich die umgekehrte Richtung zu den Protuberanzen einzuschlagen, nach einiger Zeit aber wieder zu dem ursprünglichen Typus von Schwankungen zurückkehrt. Dies erklären die beiden LOCKYER in der Weise, daß, wenn ein Gebiet mit regelmäßigen Luftdruck-Schwankungen des einen oder des andern Typus in einer Jahresreihe übermäßig große Schwankungen aufweist, dieses Gebiet dann für diese übermäßig hohen oder niedrigen Luftdrucke sich über einen größeren Teil der umgebenden Gebiete der Erde ausbreiten mußte, und die Grenzen für den Typus von Schwankungen folglich verschoben werden würden. Stationen, die der Grenze dieses Typus nahe liegen, können deshalb Schwankungen unterworfen sein, die umgekehrt verlaufen, als sie früher taten. —

Diese wichtigen Entdeckungen der beiden LOCKYER stimmen, wie man sehen wird, teilweise überein mit dem, was HILDEBRANDSSON durch seine Untersuchungen gefunden hat. In derselben Richtung geht auch die bereits (S. 39) erwähnte Beobachtung von HANN [1904], daß in 80 % der

Fälle die größten positiven Druck-Anomalien in Island mit negativen Druck-Anomalien auf den Azoren zusammenfielen, und daß die größten negativen Druck-Anomalien über Island in 87 % der Fälle gleichzeitig mit positiven Druck-Anomalien über den Azoren stattfanden. Dieses Ergebnis, das aus Beobachtungen für die Jahrreihe 1846—1900 gefunden worden ist, bestärkt die Richtigkeit der früheren Schlüsse, die HILDEBRANDSSON aus der Beobachtungs-Periode 1874—1884 gezogen hatte, und stimmt mit den Beobachtungen der beiden LOCKYER überein, wonach die Azoren zu dem Gebiet gehören sollten, wo die Luftdruck-Schwankungen in umgekehrter Richtung zu den Protuberanzen verlaufen, während Island zu dem Gebiet gehören sollte, wo die Schwankungen direkt wie die Protuberanzen verlaufen.

Die Ergebnisse, zu denen Professor BIGELOW durch seine Untersuchungen gelangte, stimmen ebenfalls in allem wesentlichen mit den Beobachtungen der beiden LOCKYER überein. Schon in seiner Arbeit aus dem Jahre 1898 fand BIGELOW eine Übereinstimmung zwischen den Schwankungen im Luftdruck in den Vereinigten Staaten und den Schwankungen in den Sonnenflecken, sowie in den magnetischen Kräften in Europa. Er fand, daß in den nordwestlichen Vereinigten Staaten der Luftdruck direkt und die Temperatur umgekehrt wie die Sonnenflecken und die magnetischen Kräfte schwankte. Er war auch bereits damals auf die kürzeren Schwankungen von wenigen Jahren aufmerksam, die er auf $2\frac{3}{4}$ Jahre bestimmte, und woraus er schloß, daß 4 auf eine elfjährige Sonnenflecken-Periode gingen. Das ist — wie ein Vergleich der Bigelow'schen Kurven mit denen der beiden LOCKYER zeigt — gerade dieselbe geringjährige Periode, die diese beobachtet haben, und deren Dauer sie auf etwa $3\frac{1}{2}$ oder 3.7 Jahren bestimmten. Diese ausgeprägten geringjährigen Perioden waren übrigens schon auf Bigelows Kurven aus dem Jahre 1894 augenfällig. Der Unterschied in der Zeitbestimmung der Periode schreibt sich daher, daß die beiden LOCKYER annahmen, es fielen nur 3 solche Perioden auf eine elfjährige Sonnenflecken-Periode, was ja auch im Zeitraum 1880—90 augenfällig ist, der wesentlich von den beiden LOCKYER untersucht wurde. BIGELOW fand übrigens [1902, 1903] dasselbe gegensätzliche Verhältnis, das auch die beiden LOCKYER gefunden hatten, zwischen den Luftdruck-Schwankungen in den verschiedenen Teilen der Erde. Er teilt diese Schwankungen in drei Arten ein: diejenige, wo die Schwankungen *direkt* wie die Protuberanzen verlaufen, diejenige, wo sie *umgekehrt* zu den Protuberanzen gehen, und diejenige, wo sie bald in der einen, bald in der andern Richtung verlaufen, und die er den *indifferenten* Typus nennt. Die Karte, die er über die Ausbreitung dieser verschiedenen Arten von Luftdruck-Schwankungen über der Erde gibt, stimmt in allem

wesentlichen mit der Karte überein, die die beiden LOCKYER im Jahre darauf veröffentlichten.

Später [1908] fand BIGELOW, daß, während die Luftdruck-Schwankungen für die Elfjahrs-Periode über die gesamten Vereinigten Staaten in umgekehrter Richtung zu den Sonnenflecken und den Protuberanzen gingen, es sich anders mit der kurzen Periode von ungefähr 3 Jahren verhalten sollte, da sie in diesem Zeitraum dieselbe Richtung hatten, wie die Protuberanzen in den westlichen Vereinigten Staaten am Stillen Ozean, während sie in umgekehrter Richtung zu den Protuberanzen in den östlichen Staaten, östlich der Rocky Mountains, verliefen. Wie schon erwähnt, meinte BIGELOW, daß die Schwankungen im Luftdruck auf der Erde, und zwar besonders in den Vereinigten Staaten, zum großen Teil auf Schwankungen in, was er die »magnetische Ausstrahlung« der Sonne nannte, beruhten. Diese Strahlung sollte in erster Linie den Luftdruck und die Luftzirkulation beeinflussen und dadurch wieder auch die Temperatur. —

Dr. RICHTER [1902] verglich 5-jährig ausgeglichene Kurven des Luftdrucks an verschiedenen Stationen in Europa mit Kurven für die Sonnenflecken, das Nordlicht und die tägliche Variation der magnetischen Deklination für eine Jahrreihe von ungefähr 1830 bis etwa 1880. Diese ausgeglichenen Kurven müßten also, wie zu erwarten, wesentlich die längeren Perioden von 11 Jahren liefern, und für diese findet er eine ausgeprägte Übereinstimmung zwischen den Kurven, besonders der Luftdruck-Kurve für Petersburg, dagegen geringer für die Kurven für andere Stationen, die auf südlicheren Breiten in Europa liegen. Die Luftdruck-Schwankungen in Petersburg in der Elfjahrs-Periode gehen denselben Weg wie die Schwankungen in Sonnenflecken, magnetischen Variationen und Nordlichtern, und es zeigt sich auch eine Neigung zu derselben unmittelbaren Übereinstimmung bei mehreren der anderen Stationen.

Dr. BRAAK in Batavia [1910] hat die Schwankungen im Luftdruck und in der Temperatur in Batavia für die Zeit von 1866—1909 zusammengestellt und findet in beiden eine auffällige Übereinstimmung mit einer ausgeprägten Periode von, wie er sagt, $3\frac{1}{2}$ Jahren. Die Kurven für Druck und Temperatur sind sich vollständig gleich, Schwankungen in der Temperatur treten gern 6 Monate nach den entsprechenden Schwankungen im Luftdruck ein. Die Kurve für den Luftdruck-Unterschied zwischen Batavia und Port Darwin ist der Luftdruck-Kurve für Batavia ähnlich, nur daß sie umgekehrt geht. Die geringjährige Periode ist, worauf er selbst aufmerksam macht, dieselbe, die die beiden LOCKYER gefunden haben; aber aus seinen eignen Kurven geht hervor, daß die Periode am richtigsten auf eine Dauer von weniger als 3 Jahren veranschlagt werden muß.

Schwankungen im Wind und Sonnenflecken.

Ebenso wie wir gesehen haben, daß der Luftdruck mit der Sonnentätigkeit schwankt, sollte man auch erwarten, daß dasselbe bei den *Winden* der Fall wäre. Schon im Jahre 1872 betonte MELDRUM, der Direktor der Sternwarte auf Mauritius, daß die *Zyklone* im indischen Ozean zwischen dem Äquator und 25° S.-Br. an Anzahl und Stärke mit den Sonnenflecken wechselten. So fand er, daß in 3 Sonnenflecken-Perioden, zwischen 1847 und 1871, durchschnittlich 17 *Zyklone* in die 3 Jahre ringsum das Sonnenflecken-Maximum fielen, während bei Sonnenflecken-Minimum in derselben Anzahl von Jahren nur halb so viel *Zyklone* fielen, also zwischen 8 und 9.

Kurz nachher wies POEY darauf hin, daß die *Zyklone* bei den Antillen eine ähnliche Periodizität zeigen sollten. Für den Zeitraum 1750 bis 1873 fand er, daß das *Maximum* von *Zyklonen* ungefähr 1 Jahr nach dem *Maximum* der Sonnenflecken kommen sollte, während das *Minimum* von *Zyklonen* ein Jahr vor dem *Minimum* der Sonnenflecken einträte. — Der entscheidendste Beweis für die Richtigkeit der Meldrumschen Beobachtungen dürfte sein, daß die Verlustlisten der Seeversicherungs-Gesellschaften ein ähnliches Schwanken zeigen, wie es seine angenommenen Schwankungen in den *Zyklonen* wahrscheinlich machen sollten, wenigstens was die niedrigeren Breiten des Meeres anlangt.

BIGELOW betonte [1894], daß die Sturmbahnen (oder die Bahnen, denen die Hoch- und Tiefdrucke folgen) in den Vereinigten Staaten ihre Lage mit den Sonnenflecken wechselten, insofern als die nördliche Sturmbahn oder das nördliche Sturmgebiet (»the North Low and the South High belts«) in den nördlichen Staaten und im südwestlichen Kanada nördlicher bei Maximum von Sonnenflecken lagen und südlicher bei Flecken-Minimum; während die südliche Sturmbahn (»the North High and the South Low belts«) umgekehrt schwankt [1894c, S. 445]. Er fand übrigens, daß die Schwankungen in diesen Bahnen nicht nur eine elfjährige Sonnenflecken-Periode aufweisen, sondern auch die kürzere Periode — die dreijährige — gleich den Schwankungen der Protuberanzen. Er meinte auch nachweisen zu können, daß innerhalb der Sonnenumdrehungs-Periode von 26.68 Tagen gegenseitig übereinstimmende Schwankungen in den erdmagnetischen Kräften und in der Häufigkeit der westindischen *Zyklone* bestehen. Aber diese kurzen Schwankungen und ihre gegenseitige Übereinstimmung können als weniger sicher erscheinen, bis eingehendere Untersuchungen angestellt sind (vgl. auch Professor HAZENS Kritik [1894]).

MAC DOWALL hat nachgewiesen, daß in Greenwich im Frühjahr Tage mit Südwind häufiger in sonnenfleckenreichen Jahren sind, als in flecken-armen. Man hat auch gefunden, daß im Zeitraum 1850–1894 in den 3 ersten Monaten des Jahres die Anzahl Tage mit Nordwind umgekehrt wie die Sonnenflecken wechselt. In ähnlicher Weise schwankte auch die Anzahl von Frosttagen in den 3 ersten Monaten des Jahres in der Nähe von London, also wenig Frosttage gleichzeitig mit wenig Tagen mit Nordwind und vielen Sonnenflecken, und umgekehrt.

Professor KULLMER [1914, siehe auch HUNTINGTON 1914, S. 253] hat gefunden, daß in dem Gürtel durch die nördlichen Vereinigten Staaten sowie durch das südliche Kanada, wo die Stürme im Durchschnitt am zahlreichsten sind, die Anzahl von Stürmen ungefähr in direkter Übereinstimmung mit der Anzahl von Sonnenflecken schwankt, genau in derselben Weise, wie die tropischen Orkane; dagegen scheint in anderen Gebieten, gerade das Gegenteil der Fall zu sein. Es sieht aus, als ob sich die Stürme, wenn es wenig Sonnenflecken gibt, in mehr verstreuten Bahnen bewegten; wenn dagegen die Sonnenflecken zahlreich sind, so haben die Stürme die Neigung, sich längs einigen wenigen gut abgegrenzten Bahnen zu konzentrieren, so daß die Stürmischkeit mehr oder weniger auf gewisse Gebiete begrenzt ist, innerhalb derer sie geneigt sind, sich zu konzentrieren.

Prof. KULLMER fand auch, daß in dem Zeitraum zwischen den Jahren 1878–87 und den Jahren 1899–1908 die Sturmbahn in den Vereinigten Staaten sich etwas nach Süden und Westen verschoben hatten. Er macht auch darauf aufmerksam [1914, S. 205], daß gleichzeitig auch die Isogonen sich etwas in derselben Weise verschoben hatten, und daß dies darauf hindeute, daß der magnetische Norpol sich verschoben hat. Er meint, die Hypothese liege nahe, daß die Sturmbahn um den magnetischen Pol zentriert ist und sich mit diesem bewegen kann.

Schwankungen in der Niederschlags-Menge und in den Sonnenflecken.

Über das Verhältnis zwischen den Schwankungen in der *Niederschlags-Menge* und in den Sonnenflecken sind viele Untersuchungen angestellt worden, seitdem MELDRUM im Jahre 1872 für mehrere Tropenstationen nachgewiesen hatte, daß die Regenmenge direkt wie die Sonnenflecken schwankt, so daß ein Maximum von Regenmenge auf ein Maximum von Sonnenflecken fällt, und umgekehrt. NORMAN LOCKYER wies das für mehrere Stationen auf Ceylon und in Indien nach. Untersuchungen von SYMONS und JELINEK gingen ebenfalls in derselben Richtung, daß mehr Regen bei Sonnenflecken-Maximum fallen sollte als bei Flecken-Minimum. Aber auch hier zeigte es sich, daß die Periodizität am aus-

geprägtesten und regelmäßigsten in den tropischen Gegenden war. HAHN betonte, daß in der Zeit von 1820—1870 trockne Sommer am häufigsten während der Zeit für steigende Sonnenflecken-Kurve eingetroffen sind. Im übrigen haben die Untersuchungen über das Verhältnis zwischen Niederschlag und Sonnenflecken sehr schwankende und teilweise zweifelhafte Ergebnisse geliefert. Die Meteorologen haben hier, wie bei den meisten ähnlichen Untersuchungen den Fehler gemacht, anzunehmen, daß dieselbe Ursache überall die gleiche Wirkung haben müßte, ohne genügende Rücksicht darauf zu nehmen, daß die gleiche Ursache an verschiedenen Stellen eine entgegengesetzte Wirkung haben kann. ARCHIBALD und HILL haben unabhängig von einander nachgewiesen, daß der Winter-Regen in Indien den umgekehrten Verlauf von dem hat, was MELDRUM gefunden hatte; sie fanden nämlich ein Minimum bei Maximum von Sonnenflecken, umgekehrt ein Maximum von Winter-Regen etwas vor dem Minimum von Sonnenflecken. Dagegen suchte HILL nachzuweisen, daß der indische Sommer-Monsunregen größere Neigung haben konnte in derselben Weise wie die Sonnenflecken zu schwanken, insofern als ein Überschuß von Niederschlag in der ersten Hälfte des Zyklus nach dem Sonnenflecken-Maximum fiel, und umgekehrt; aber im übrigen zeigten die Kurven wenig Übereinstimmung. BLANFORD kam indessen zu dem Schluß [1889], daß, wenn man den Niederschlag in Indien im ganzen betrachtet, dann läßt sich nicht mit Sicherheit eine zehn- oder elfjährige Periode für die letzten 22 Jahre nachweisen. Für Europa hat man ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Niederschlag und Sonnenflecken nachzuweisen gesucht, vgl. SCHREIBER [1896, 1903], A. BUCHAN [1903] und Andere.

P. SCHREIBER [1896, 1903] fand eine wahrscheinliche Elfsjahrs-Periode in den Niederschlags-Mengen an verschiedenen Stationen in Europa, zwar mit zwei Maxima — das eine zwei Jahre nach Sonnenflecken-Maximum, das andere zur Zeit des Flecken-Minimums — und mit zwei Minima, das eine gleichzeitig mit Flecken-Maximum, das andere drei Jahre nach Flecken-Minimum.

A. BUCHAN [1903] fand eine doppelte Periode in der Niederschlags-Menge von Großbritannien, so daß ein Minimum kurz nach Sonnenflecken-Minimum eintritt, ein anderes kurz nach Flecken-Maximum. Das erste und schwächere Maximum ist viel weniger ausgeprägt in Schottland und West-Europa als in Südost-England, wo das Hauptmaximum auch dem Flecken-Maximum näher eintritt.

G. HELLMANN [1909] hat die Beziehung der Schwankungen der Niederschläge in verschiedenen Teilen Europas zur Sonnenflecken-Periode untersucht und findet, daß ein für alle Teile gleichmäßig gültiger Zusammen-

hang in diesem Verhältnis nicht besteht. Bei der Mehrzahl der von ihm behandelten Stationen treten innerhalb einer Sonnenflecken-Periode zwei Maxima des Regenfalls auf die um 6 bzw. 5 Jahre von einander absteigen. Zur Zeit des Sonnenflecken-Minimums tritt an den meisten Stationen ein Maximum des Regenfalls ein, aber infolge des Fortschreitens nasser und trockener Jahre von Süden nach Norden im westlichen Europa, verschieben sich auch die Maxima und Minima der Niederschlags-Menge im Sonnenflecken-Zyklus.

Die Zerteilung der 11-jährigen Periode im Regenfall erklärt Hellmann sich durch eine angenommene doppelte Einwirkung der Schwankung in der Sonnenstrahlung während der Fleckenperiode, nämlich einmal mittelbar die Einwirkung auf die Äquatorialgegend und sodann unmittelbar diejenige auf den Ort selbst. Hellmann geht von der jetzt als irrtümlich bewiesenen Annahme aus, daß zur Zeit des Sonnenflecken-Minimums eine größere Strahlung der Sonne als zur Zeit des Maximums stattfindet. Diese vermehrte Strahlung, meinte er, wird hauptsächlich in der Äquatorialregion der Erde eine Steigerung der Temperatur, Verdunstung und Niederschlagsbildung herbeiführen, dadurch aber auch die Energie der gesamten Zirkulation der Atmosphäre erhöhen. Deren Wirkung kann aber in höheren Breiten naturgemäß erst später zur Geltung kommen, während andererseits die unmittelbare, gleichzeitige Beeinflussung der Niederschläge durch die Sonnenflecken in diesen Breiten erheblich schwächer sein wird als in niederen. Die in der Äquatorialregion und am Orte in höherer Breite empfangenen Impulse werden also, je nach dessen Lage, entweder eine kumulative oder eine interferierende Wirkung ausüben. Es wäre daher, meint er, sehr wohl denkbar, daß an dem einen Ort mit dem Maximum der Sonnenflecken ein Minimum des Regenfalls verbunden ist, während an dem anderen Ort das umgekehrte stattfindet.

Schwankungen im Wasserstand der Seen und Flüsse.

Man hat gefunden, daß die mitteleuropäischen Flüsse eine Andeutung von etwas höherem *Wasserstand* zur Zeit von Sonnenflecken-Maximum aufweisen, als bei Flecken-Minimum. Der Nil zeigt auch ausgeprägte Maxima in der Zeit von Flecken-Maximum.

Der Leiter des schwedischen hydrographischen Büros, Dr. AXEL WALLÉN hat wie schon erwähnt wertvolle Untersuchungen über die Wasserstandsschwankungen der großen schwedischen Seen gemacht. Er hat die periodischen Schwankungen eingehend analysiert, hauptsächlich nach der fortlaufenden Mittelzahlbildung (Gruppenmittelbildung), die SCHEIBER [1896] näher diskutiert hat. Bei seinen Untersuchungen über Wenern geht

WALLÉN [1910] von den Monatsmitteln (die a -Werte) aus. Durch fortlaufende Mittelbildung über 12 Monate wird die jährliche Periode eliminiert. In den somit erhaltenen b -Werten findet er, daß der durchschnittliche Abstand zwischen den nacheinanderfolgenden Maxima (oder Minima) etwas über 3 Jahre ist. Er bildet dann c -Werte durch sukzessive Mittel von 40 b -Werten, wodurch eine etwa 3-jährige Periode eliminiert wird. In ähnlicher Weise eliminiert er weiter mögliche Perioden von 11 und 35 Jahren.

Um die einzelnen Perioden genauer zu studieren hat Wallén die Differenzwerte berechnet: $\alpha = a - b$, $\beta = b - c$ u. s. w. Er findet dann für die Wasserstandschwankungen in Wenern eine Periode von 32–33 Monaten, mit einer Amplitude von 76 cm. (reduziert); ferner eine doppelte Periode von etwa 12 Jahren (die Sonnenflecken-Periode); und endlich Schwankungen durch eine lange Reihe von Jahren, mit Andeutung von einer Brückner-Periode. Betreffs der Sonnenflecken-Periode im Wasserstand findet Wallén ein Hauptminimum 9 Monate vor Sonnenflecken-Minimum, und ein Hauptmaximum 2.5 Jahre nach Flecken-Maximum; ein schwaches sekundäres Maximum kommt 2 Jahre nach Flecken-Minimum und ein (mehr ausgeprägtes) sekundäres Minimum 1 Jahr vor Flecken-Maximum.

In Verbindung mit diesen Untersuchungen über Wenern hat Wallén auch die Schwankungen des Niederschlages und der Temperatur in der Umgebung studiert. Die geringjährige Schwankung bestimmt er für den Niederschlag zu 26 Monaten und für die Temperatur zu zwei Jahren. Die Sonnenflecken-Periode ist beim Niederschlag ungefähr derselben doppelten Art wie beim Wasserstand, die beiden Amplituden der Elbfjhrs-Periode jedoch beinahe gleich groß. In der geringjährigen Schwankung folgen die Extreme des Wasserstands ziemlich konstant um ein halbes Jahr nach denjenigen des Niederschlages; die Temperatur weist größere Unregelmäßigkeiten auf. In der längeren Periode folgen die zwei Maxima des Niederschlages am nächsten (ein bis zwei Jahre) nach den Sonnenfleckenextremen, die Minima einige Jahre später. Die entsprechenden Extreme des Wasserstands und der Temperatur kommen ungefähr ein Jahr später als diejenigen des Niederschlages, die Temperatur wiederum unregelmäßiger als der Wasserstand [vgl. JOHANSSON, 1912].

In einer späteren Arbeit hat WALLÉN [1913] die mehrjährigen Schwankungen des Wasserstandes in Mälaren, des Niederschlages in Uppsala und der Lufttemperatur in Stockholm eingehend studiert, in einer ähnlichen Weise wie in der früher besprochenen Abhandlung [aus 1910]. Für die geringjährige Periode findet er:

Temperatur Stockholm, Periodelänge	26	Monate,	Amplitude	2.8° C.
Niederschlag Uppsala	—	24	—	— 20 mm. (pro Monat)
Wasserstand Mälaren	—	30	—	— 40 cm.

Die 11-jährige Periode ist in allen 3 Fällen doppelt, wie Wallén es für den Wasserstand in Wenern fand. Die beiden Maxima im Wasserstand in Mälaren sind ungefähr gleich groß; das erste Maximum kommt ungefähr 15 Monate und das nächste 80 Monate nach dem Sonnenflecken-Minimum; die Amplitude ist ungefähr 20 cm. Für den Niederschlag in Uppsala ist der Unterschied zwischen den beiden Maxima ziemlich bedeutend, während die beiden Minima ungefähr gleich groß sind. Die Extreme kommen einige Monate früher als die entsprechenden Extreme im Wasserstand, und die Amplitude in den Monatswerten des Niederschlages beträgt durchschnittlich 12 mm. Sowohl für den Niederschlag wie für die Lufttemperatur hat Wallén ähnliche geringjährige und 11-jährige Schwankungen bei einer ganzen Reihe von Stationen in Nord-europa wie in Uppsala und Stockholm gefunden. Für die genannten Verhältnisse in Schweden hat er auch deutliche Spuren einer Brücknerperiode nachweisen können.

Wachstum der Bäume.

In Verbindung hiermit muß eine interessante Untersuchung von Professor A. E. DOUGLASS [1914] Erwähnung finden. Durch genaue Messungen der Jahresringe von Fichten (*Pinus ponderosa*) in Arizona, und durch sorgfältige Vergleichung der gefundenen Werte mit den gemessenen Niederschlägen in dieser Gegend in den letzten Jahrhunderten, meint er einen Maßstab zu erhalten, wodurch er die Schwankungen in dem Niederschlag in Arizona seit 500 Jahre bestimmen kann, wenn er dazu die Jahresringe einer Anzahl von gut geeigneten alten Bäumen benutzt. In dieser Weise hat er Kurven für das Wachstum der Bäume und für den Niederschlag in diesem Zeitraum konstruiert. Er findet ausgeprägte Perioden von 150 Jahre¹, 21 Jahre und 11.4 Jahre. Die letzte Periode, die der Sonnenflecken-Periode entspricht, ist meistens in zwei kürzeren Perioden geteilt, und hat zwei Maxima und zwei Minima. Dies ist besonders in den früheren 250 Jahren von 1420 bis ungefähr 1670 der Fall. In der Zeit von rund 1670 bis rund 1790 sind diese Perioden, und auch die 11-Jahrs-Periode, wenig ausgeprägt. In der Zeit von rund 1790 bis jetzt gibt es wieder zwei Maxima und zwei Minima innerhalb der 11-Jahrs-Periode, aber das Minimum in der

¹ Vgl. die Perioden von 300 Jahre von CLOUGH [1905] und von 72 Jahre von HANSKY [1894].

Mitte dieser Periode (am Flecken-Maximum) ist am tiefsten, so daß besonders während dieser Zeit das Wachstum der Bäume in Arizona (und folglich der Niederschlag) umgekehrt wie die Sonnenflecken geschwankt hat. Professor DOUGLASS gibt auch 11-jährige Durchschnitts-Kurven für den Niederschlag und für die Temperatur an der Küste von Californien (500 Miles von den Arizona-Bäumen entfernt) während der fünfzig Jahre 1863–1912. Diese Kurven zeigen große Ähnlichkeit mit der Durchschnitts-Kurve für die 11-Jahrs-Periode für das Wachstum der Bäume in Arizona (während 492 Jahren), und auch Ähnlichkeit mit der umgekehrten Durchschnitts-Kurve der Sonnenflecken für dieselbe 11-Jahrs-Periode, außer dem Verhältnis, daß die Kurven für Wachstum und Niederschlag, weniger für Temperatur, zwei wohl entwickelte Maxima innerhalb der 11 Jahren habe.

Durch Messungen der Jahresringe von 13 Bäumen in Eberswalde (in Deutschland) hat DOUGLASS eine Kurve für das Wachstum dieser Bäume zwischen 1830 und 1912 aufzeichnen können, die merkwürdig gut mit der Sonnenflecken-Kurve übereinstimmt. Dies sollte folglich darauf deuten, daß in dieser Gegend von Deutschland das Wachstum der Bäume und der Niederschlag mit den Sonnenflecken schwanken (und nicht umgekehrt wie in Arizona). Nur in eine Sonnenflecken-Periode zwischen 1890 und 1901 trifft diese Übereinstimmung nicht zu, und die Schwankung geht umgekehrt; in dieser Periode aber finden wir auch sonst in anderen meteorologischen Verhältnissen viele Unstimmigkeiten.

Douglass' Kurve für das Wachstum der Bäume in Eberswalde zeigt auch, was er nicht erwähnt, eine kürzere Periode die zum Teil mit den Schwankungen der Protuberanzen-Kurven und der magnetischen Kurven Ähnlichkeit zu haben scheint.

HUNTINGTON [1914] hat auch die Messungen von den Jahresringen der großen und sehr alten Bäume (Sequoias und Nadelbäume) in Californien und New-Mexico usw. in seinen Untersuchungen über Klima-Schwankungen mit hineingezogen. Seine Ergebnisse deuten darauf hin, daß große Schwankungen im Niederschlag während den letzten 3000 Jahren eingetroffen haben. Er beschäftigt sich aber weniger mit der Periodicität in der letzten Zeit.

Bewölkung und Sonnenflecken.

Das Verhältnis zwischen den Schwankungen in der *Bewölkung* und der Sonnentätigkeit ist weniger sicher dargetan. KLEIN hat indessen nachgewiesen, daß die höchsten Wolken in der Atmosphäre, die Cirrus, die Cirro-Stratus und die Cirro-Cumulus, mit der Entwicklung von Sonnenflecken an Häufigkeit zunehmen. Da diese höheren Wolken auch zu Ringen und Höfen um Sonne und Mond, Nebensonnen, Nebenmonden und

ähnlichen optischen Erscheinungen Anlaß geben, sollte man erwarten, daß diese bei Sonnenflecken-Maximum häufiger wären als bei Flecken-Minimum. Dies ist auch tatsächlich der Fall nach dem, was aus der Zusammenstellung hervorgeht, die TROMHOLT von diesen Erscheinungen im Laufe der Zeiten gemacht hat. Schon TYCHO BRAHES Tagebücher zeigen, daß Ringe um die Sonne (und den Mond) am häufigsten in nordlichtreichen Zeiten auftreten.

Staub in der Atmosphäre und Sonnenflecken.

Erwähnt muß hier auch die merkwürdige Übereinstimmung werden, die BUSCH im Jahre 1891 zwischen den Schwankungen der Sonnenflecken und den Schwankungen in der Polarisierung des blauen Himmelslichtes fand, indem er nachwies, daß die Höhe der neutralen Punkte (Aragos Punkt und Babinets Punkt) über dem Horizont bei Sonnenuntergang genau mit der Entwicklung der Sonnenflecken stieg und sank; aber das Maximum und Minimum der Höhe der neutralen Punkte trat durchgehend ein Jahr später ein als das Maximum und Minimum der Sonnenflecken. Früher hatte man bereits gefunden, daß nach großen vulkanischen Ausbrüchen, wie dem Krakatau-Ausbruch, die erwähnte Höhe der neutralen Punkte gestiegen war. Dies sollte von dem vulkanischen Staub herrühren, der sich in den höheren Schichten der Erdatmosphäre ausbreitete. Wir sollten also hieraus schließen können, daß nach Sonnenflecken-Maximum die höheren Schichten der Erdatmosphäre mit mehr Staub erfüllt wären, als bei Flecken-Minimum (vgl. ARREHNUS, 1903, S. 873). —

Theorien über Zusammenhang zwischen Schwankungen in der Sonnentätigkeit und meteorologischen Schwankungen.

Nach der oben gegebenen Übersicht von früheren Untersuchungen muß es erlaubt sein, als bewiesen hinzustellen, daß ein Zusammenhang zwischen den Schwankungen in den meteorologischen Elementen, wie Temperatur und Luftdruck, und den Schwankungen in der Sonnentätigkeit besteht.

Zur Erklärung dieses Zusammenhangs hat man, wie wir gesehen haben, verschiedene Anschauungen geltend gemacht. Diese können im wesentlichen in 5 Klassen eingeteilt werden:

- 1) die anscheinend zunächstliegende, nämlich daß die Schwankungen in der Temperatur auf der Erde unmittelbar auf Schwankungen in der Wärmeausstrahlung der Sonne beruhen,
- 2) die Schwankungen in der terrestrischen Temperatur beruhen auf Schwankungen in der Verdunstung vom Meere, und in entsprechender Wolkenbildung und Niederschlag über dem Lande,

3) Schwankungen in der terrestrischen Temperatur beruhen auf vulkanischem Staub in den höheren Schichten der Erdatmosphäre,

4) die periodischen Temperatur-Schwankungen beruhen auf wechselnder Ozonbildung in der Atmosphäre,

5) schließlich die Anschauung, daß die Schwankungen z. B. in Temperatur und in Niederschlag auf Schwankungen im Luftdruck und in der Zirkulation der Atmosphäre beruhen, die wieder von Schwankungen in der Sonnentätigkeit abhängig sind.

Die erstgenannte Theorie, daß Schwankungen in der Erdtemperatur unmittelbar von Schwankungen in der Wärmeausstrahlung der Sonne herühren sollen, ist von einer Reihe Forscher verfochten worden, wie z. B. CHAMBERS, NEWCOMB, ABBOT und FOWLE (im Jahre 1908); und wir finden sie sogar in noch späterer Zeit von ARCTOWSKI, zum Teil HUNTINGTON¹ und vielen anderen vertreten.

Nach LOCKYERS spektroskopischen Untersuchungen der Sonne — woraus es mit einiger Sicherheit hervorzugehen scheinen mußte, daß die Sonnenoberfläche am wärmsten bei Maximum von Sonnenflecken ist — könnte es erstaunlich vorkommen, daß man immer noch sich dachte, eine gesteigerte Temperatur auf der Erde bei Sonnenflecken-Minimum könnte auf einer Steigerung der Wärmeausstrahlung von der Sonne beruhen. Indessen war es ja doch denkbar, daß selbst wenn die eigne Temperatur der Sonne stieg, es deshalb noch nicht sicher war, daß die Wärmemenge, die uns von der Sonne erreichte, gleichzeitig stieg. Es ließ sich ja doch denken, daß z. B. in der Sonnenkorona Wolkenbildungen oder Staubbildungen erfolgen konnten, die die Ausstrahlung der Sonne zurückhalten konnten. Aber bei den pyrheliometrischen und bolometrischen Messungen, die von LANGLEY und von ABBOT und FOWLE nach 1902 (erst in Washington, aber nach 1905 auf dem Mount Wilson) in Amerika ausgeführt worden sind — und die auch durch Untersuchungen auf dem Mount Whitney, ebenfalls in Amerika, sowie in Algier, gestützt wurden — muß es als bewiesen angesehen werden, daß die Sonnenstrahlung, die den äußersten Teil der Erdatmosphäre erreicht, keine Schwankungen aufweist, die unmittelbar den nachgewiesenen Schwankungen in der Atmosphäre an der Oberfläche der Erde entsprechen. Diese Messungen deuten eher darauf hin, daß die »Sonnen-Konstante« (d. h. die Sonnenstrahlung außerhalb unserer Atmosphäre) etwas größer nahe dem Sonnenflecken-Maximum ist, als nahe dem Flecken-Minimum. Allerdings zeigen die Mes-

¹ HUNTINGTON ist aber später [1914 a] zu der Anschauung gekommen, daß die Schwankungen in der Sonnentätigkeit zuerst Schwankungen in der Sturmhäufigkeit hervorrufen (siehe später).

sungen keine wirkliche Übereinstimmung; aber sie zeigen wenigstens mit Sicherheit, daß das Verhältnis nicht umgekehrt sein kann¹. Diese Messungen führen übrigens auch zu der merkwürdigen Entdeckung, die mit Sicherheit durch gleichzeitige Messungen auf dem Mount Wilson und in Algier festgestellt worden ist, daß die Wärmemenge der Sonnenstrahlung außerhalb unsrer Atmosphäre von Zeit zu Zeit mit wenigen Tagen Zwischenraum beträchtlich schwankt, bald aufwärts, bald abwärts. M. a. W. unsre Sonne ist in hohem Grad, was wir einen veränderlichen Stern nennen, ähnlich denen, die wir draußen im Weltraum sehen, wie den Stern Myra. Nach diesen Messungen scheint die Theorie, daß die beobachteten elfjährigen Schwankungen in der Luft-Temperatur an der Erdoberfläche direkt auf Schwankungen in der thermischen Sonnenstrahlung beruhen sollten, endgültig aufgegeben werden zu müssen. —

Es war besonders BLANFORD, der die *zweite Theorie* vertrat, daß das Sinken der Erdtemperatur bei Sonnenflecken-Maximum auf einer gesteigerten Sonnenstrahlung beruhen sollte, die eine vermehrte Verdunstung von der Oberfläche des Meeres hervorrufe, und dadurch eine vermehrte Wolkenbindung über den Ländern, die ihrerseits wiederum die Sonnenstrahlung nach der Landoberfläche verminderte und die Temperatur sinken ließ. Außerdem würde diese auch durch die Wiederverdunstung der vermehrten Regenmenge gesenkt. Daß die Theorie — die so ansprechend scheinen könnte — nicht so allgemeine Zustimmung gefunden hat, wie zu erwarten gewesen wäre, muß wohl teilweise darauf beruhen, daß die Untersuchungen der Schwankungen in der Bewölkung sich nicht als in so genauem Zusammenhang mit den Schwankungen in Sonnenflecken stehend erwiesen hat, wie die Theorie voraussetzen sollte. Aber es besteht noch eine andre Schwierigkeit: Nach der Theorie mußte man erwarten, daß die Oberflächen-Temperatur des Meeres, besonders in den tropischen Gegenden, am höchsten bei Sonnenflecken-Maximum wäre, und am niedrigsten bei Flecken-Minimum. Aber dies läßt sich, wie wir gesehen haben, nach der Zusammenstellung der gesammelten Beobachtungen nicht behaupten. Im Gegenteil zeigen ja die Temperatur-Reihen und Temperatur-Kurven, die wir für verschiedene Teile des Weltmeeres wiedergegeben

¹ Die folgenden durchschnittlichen Werte (in Kalorien) für die „Sonnen-Konstante“ wurden auf Mount Wilson gefunden:

1905 Juni—Okt. 1.956	1909 Juni—Okt. 1.918	1911 Juni—Nov. 1.923
1906 Mai—Okt. 1.942	1910 Mai—Nov. 1.921	1912 Juni—Aug. 1.940
1908 Mai—Nov. 1.936		

Nachdem sollte es also ein Maximum in 1905 gewesen sein, was ja dem Flecken-Maximum entsprechen kann, dagegen passen ein Minimum in 1909 und ein sekundäres Maximum in 1912 nicht.

haben, den umgekehrten Verlauf, durchgehends niedrige Temperatur bei Sonnenflecken-Maximum und hohe bei Sonnenflecken-Minimum. Es mag auch erwähnt werden, daß z. B. die Schwankungen in der Temperatur der Oberfläche und der Luft in der Mitte des Indischen Ozeans (Fig. 55, X—XI, Fig. 90) mit den Schwankungen der Luft-Temperatur an Tropen-Stationen wie Mauritius, Batavia usw. (Fig. 68, 71) übereinstimmen. Damit muß wohl die Unhaltbarkeit dieser Theorie als Erklärung der allgemeinen Erscheinungen in den Temperatur-Schwankungen der Erde für widerlegt angesehen werden. Wir werden später auf diese Verhältnisse zurückkommen.

Was nun die besonders von ABBOT und FOWLE sowie HUMPHREYS verfochtene Theorie anlangt, — daß die Ausbreitung des *Vulkan-Staubs* in der Atmosphäre eine wichtige Ursache zu den Schwankungen in der Temperatur an der Erdoberfläche sein sollte — so scheinen die von den genannten Autoren selbst angegebenen Kurven für die pyrheliometrischen Messungen (der Wärme, die bei der Sonnenstrahlung die Oberfläche der Erde erreicht) dies nicht hinreichend zu beweisen, da die Kurve nur geringe Ähnlichkeit mit der Kurve für die Schwankungen in der jährlichen Temperatur der Erde aufweist. Diese letztere hat dagegen sehr viel größere Ähnlichkeit mit der Kurve für die Sonnenflecken. Indessen muß man einräumen, daß diese Autoren es wahrscheinlich gemacht haben, daß der Vulkanstaub, der in die Atmosphäre hinausgeschleudert wird, — besonders bei den heftigsten explosiven vulkanischen Ausbrüchen — eine Wirkung in der Weise ausübt, daß die Lufttemperatur an der Erdoberfläche herabgesetzt wird, — und nach HUMPHREYS Darstellung kann es sogar möglich sein, daß diese Wirkung zu gewissen weiter zurückliegenden Zeiten ganz bedeutend gewesen ist. Aber diese Wirkung genügt nicht, um die fortwährenden und teilweise großen Schwankungen in der klimatischen Temperatur der Erde zu erklären.

Humphreys' Theorie, daß die elfjährige Schwankung in der Temperatur der Erde, die mit den Sonnenflecken zusammenfällt, auf Schwankungen in der Ozon-Bildung in der Atmosphäre beruhen sollte (siehe oben S. 155 f.) mußte eine entsprechende Schwankung im Verhältnis zwischen Einstrahlung und Ausstrahlung an der Erdoberfläche voraussetzen, m. a. W. eine entsprechende Schwankung sowohl in der täglichen wie der jährlichen Temperatur-Amplitude auf der Erde. Aber, wie wir später sehen werden, kann eine solche Schwankung in diesen Amplituden nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden, wenigstens nicht derart, wie es die Theorie voraussetzen sollte.

Nun kommen wir schließlich zu *der Theorie*, wonach die Schwankungen in der Sonnentätigkeit in erster Linie von *Schwankungen im Luft-*

druck und in der Zirkulation der Atmosphäre hervorgerufen sein sollte, die ihrerseits wiederum die anderen meteorologischen Elemente beeinflussen sollten. Diese Anschauung, die besonders von den beiden LOCKYER wie auch von BIGELOW verfochten worden ist, sollte ziemlich natürlich scheinen, aber hat merkwürdigerweise doch verhältnismäßig geringe Zustimmung gefunden. Sie fällt in wesentlichen Zügen mit den Ergebnissen zusammen, zu denen wir gekommen sind, und wir werden deshalb später auf diese Theorie zurückkommen.

Anhang.

Bei der Drucklegung dieser Arbeit haben wir Gelegenheit bekommen, HUNTINGTONS Abhandlung über »The Solar Hypothesis of Climatic Changes« [1914a] zu sehen, die eine für uns sehr wichtige Erörterung von Professor KULLMERS Untersuchungen der Schwankungen in den Sturmbahnen in Amerika und die darauf aufgebauten Betrachtungen enthält. Wie früher Professor BIGELOW hat Professor KULLMER gefunden, daß die nördliche große Sturmbahn in den Vereinigten Staaten während eines Maximums von Sonnenflecken gegen Norden verschoben wird, während die südliche Sturmbahn, die von geringerer Bedeutung ist, sich gleichzeitig nach Süden verschiebt. Ferner hat er gefunden, daß die Häufigkeit von Stürmen in den Vereinigten Staaten am größten bei Sonnenflecken-Maximum ist und am geringsten bei Sonnenflecken-Minimum. Infolge der Bewegungen dieser Sturmbahnen wird indessen in einem Bogen in den mittleren Staaten die Sturmhäufigkeit sich umgekehrt verhalten: d. h. am größten bei Sonnenflecken-Minimum und am kleinsten bei Sonnenflecken-Maximum sein. Zum Vergleich mit den Schwankungen in den Sturmbahnen und der Sturmhäufigkeit haben KULLMER und HUNTINGTON nur die Sonnenflecken benutzt, und keine anderen Zeichen von den Schwankungen in der Sonnentätigkeit, wie die Protuberanzen und Schwankungen in den magnetischen Elementen auf der Erde. Dadurch sind sie nicht darauf aufmerksam geworden, daß die Zahlen, die sie für die Sturmhäufigkeit angeben — und die ziemlich schlecht mit den Schwankungen in den Sonnenflecken übereinstimmen, — daß diese Zahlen eine deutliche Andeutung von einer kürzeren Periode geben als der elfjährigen, mit der sie allein gerechnet haben.

Die von HUNTINGTON veröffentlichte Tabelle der Sturmhäufigkeit [1914a, S. 502] liefert ja innerhalb der Sonnenflecken-Periode drei kürzere sehr ausgeprägte Perioden, auf die er nicht aufmerksam geworden ist; denn er glaubt im Gegenteil, die anscheinende Unregelmäßigkeit und Unstimmigkeit der Zahlen mit den Sonnenflecken als mangelhafte Beobachtungen

wegerklären zu müssen. Die in seiner Figur 9 angegebenen Kurven sagen dasselbe, und die Unstimmigkeit zwischen der Kurve für Stürmhäufigkeit und der Kurve für Sonnenflecken verursacht ihm große Schwierigkeit, so daß er erklären muß, das Problem müsse vorläufig unerklärt bleiben. Er ist darauf nicht aufmerksam geworden, daß diese Kullmers Sturmcurve dieselben kurzen Perioden von ungefähr 3 Jahren zeigt, die schon BIGELOW sowohl in den Schwankungen der Sturmbahnen wie in den Schwankungen von Luftdruck und Temperatur gefunden hat,

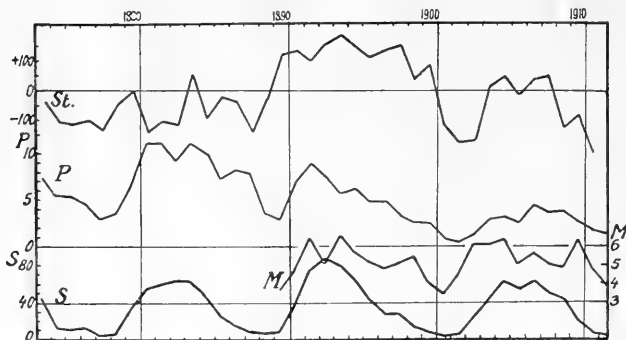


Fig. 64. *St.*: Stürmhäufigkeit in den nördlichen Vereinigten Staaten (nach Kullmer). *P.*: Durchschnittliche tägliche Anzahl Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom (bis 189) und Catania. *M.*: Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam. *S.*: Beobachtete Relativzahlen der Sonnenflecken (nach Wolfer).

und die auch die beiden LOCKYER wenigstens für den Luftdruck nachgewiesen haben.

In Fig. 64 haben wir Kullmers Kurve (*St.*, nach Huntington), für die Stürmhäufigkeit in den nördlichen Vereinigten Staaten, mit Kurven: für Protuberanzen (*P*, nach Beobachtungen in Rom und Catania), für den Störungsgrad der magne-

tischen Elemente in Potsdam (*M*) und für die Sonnenflecken (*S*) zusammengestellt. Die Sturmcurve zeigt 3 oder 4 kürzere Perioden in der ersten Sonnenflecken-Periode auf der Figur, 4 Perioden in der zweiten, und 3 in der dritten Flecken-Periode. Die letzten 3 kurzen Perioden fallen ganz gut mit entsprechenden Perioden in den Schwankungen der Protuberanzen, und besonders in dem Störungsgrad der magnetischen Elemente (Kurve *M*) zusammen. Die Sonnenflecken-Kurve (*S*) zeigt ja sonst auch Andeutungen von denselben drei Perioden. In der Sonnenflecken-Periode 1889—1902 gibt es auch Übereinstimmungen zwischen der Sturmcurve und besonders der magnetischen Kurve ob auch nicht sehr gut. In der Sonnenflecken-Periode 1878—89 zeigen die Sturmcurve und die Protuberanzkurve Übereinstimmungen, aber die Schwankungen in Protuberanzen kommen zum Teil nach der Schwankungen in Stürmhäufigkeit. Zu dem Sturmmaximum im Jahr 1880 gibt es nichts entsprechendes in den anderen Kurven. Im ganzen scheint die Stürmhäufigkeit in dieser Elfjahrs-Periode viel geringer gewesen zu sein, als sie im Verhältnis zu den Protuberanzen und Sonnenflecken sein sollte.

Kullmers Untersuchungen über die Schwankungen in Sturmbahnen und Sturmhäufigkeit haben übrigens HUNTINGTON zu der Ansicht geführt, daß die Schwankungen in der Sturmhäufigkeit auf der Erde die Ursache zu den Schwankungen in der Temperatur an der Oberfläche der Erde sind, indem er annimmt, daß eine vermehrte Sturmhäufigkeit die Temperatur — besonders in den wärmeren Gegenden der Erde — zum Sinken bringen wird, und zwar dadurch, daß die warme Luft aus niedrigeren Breiten von den Stürmen nach höheren Breiten hingeführt und dort über die kältere Luft an der Erdoberfläche emporsteigen wird. Diese kältere Luft wird dann auf niedrigen Breiten die wärmere Luft ersetzen, und durch diese teilweise vertikale Zirkulation wird der Erdoberfläche fortwährend Wärme entzogen, die dann den höheren Luftschichten zugute kommen sollten. Im übrigen meint HUNTINGTON, daß diese Zufuhr von größeren Wärmemengen nach den höheren Luftschichten auch diesen nicht in sonderlichem Grad zugute kommt, da sie nur eine vermehrte Wärmeausstrahlung in den Welt-raum hervorruft. —

Auf diese Weise denkt sich HUNTINGTON also, daß den äquatorialen und subtropischen Regionen Wärme entzogen werden kann, und daß dadurch die Temperatur zum Sinken gebracht wird bei vermehrter Sturmhäufigkeit, d. h. bei Maximum von Sonnenflecken. — Auf höheren Breiten, oder gar in den polaren Regionen, braucht kein derartiges Sinken der Temperatur einzutreten. Dort braucht vielleicht kein wesentlicher Unterschied bei Maximum und Minimum von Sonnenflecken zu bestehen, oder das Verhältnis kann sogar umgekehrt sein, daß eine Steigerung der Temperatur bei einem Maximum von Sonnenflecken eintritt.

Wie man sehen wird, stimmt Huntingtons Ansicht über die Ursachen zu den Schwankungen in der Lufttemperatur der Erde bereits mit dem, was Bigelow hierüber behauptet hat, insofern als er die wesentliche Ursache der Luftzirkulation beilegt. Übrigens ist ja dasselbe auch von mehreren Forschern, besonders den beiden Lockyer betont worden, wie aus unserer Erwähnung der früheren Untersuchungen auf diesem Gebiet bereits hervorgeht. Wie man sehen wird, haben auch Huntingtons Schlüsse einige Ähnlichkeit mit den unsern, wenn wir auch nicht gerade an die Sturmhäufigkeit gedacht haben, sondern mehr an eine Steigerung oder Verminderung in der Luftzirkulation im ganzen gedacht haben. Wir beurteilen auch die Art, wie die Schwankungen in der Luftzirkulation auf die Temperatur der Atmosphäre einwirken können, in etwas anderer Weise.

Im übrigen hat Kullmer auch in dieser Arbeit die Möglichkeit eines Zusammenhangs zwischen den Stürmen und dem Erdmagnetismus hervor-

gehoben. Er betont, daß es drei Sturmzentren gibt, die den drei magnetischen Polen entsprechen. Für die südliche Halbkugel gibt es nur einen magnetischen Pol, und die zyklonischen Stürme kreisen ringsum diesen in ungefähr 60° S-Br., nicht konzentrisch um den geographischen Pol, sondern um den magnetischen Pol. Auf der nördlichen Halbkugel erstrecken sich die wichtigsten Sturmgebiete der Welt so ziemlich genau konzentrisch um den magnetischen Nordpol im nördlichen Kanada, querüber Nordamerika, und über den Atlantischen Ozean gegen Skandinavien hin, und die Sturmbahnen im Atlantischen Ozean folgen ziemlich genau den Linien für gleiche magnetische Totalintensität. In Sibirien besteht ein sekundärer magnetischer Pol, und ihm entsprechend gibt es dort ein drittes Sturmgebiet, das seinen Mittelpunkt in Japan hat. —

XI. Die Schwankungen in den meteorologischen Verhältnissen in den Tropen und nördlicheren Regionen.

Schon aus Köppens Kurven für die Mitteltemperaturen für die verschiedenen Jahre und die verschiedenen Erdgebiete sieht man, daß ein in vielen Fällen sehr deutlicher Zusammenhang zwischen den Sonnenflecken-

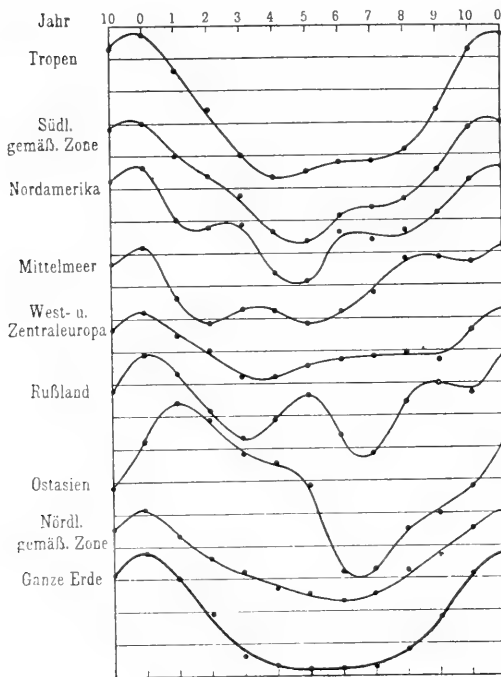


Fig. 65. Durchschnittliche Schwankung der Lufttemperatur während der Sonnenflecken-Periode in der Zeit 1811–1910 [nach Köppen 1914].

Perioden und den Temperaturschwankungen in unserer Atmosphäre an der Erdoberfläche besteht. Indessen wird die elfjährige Sonnenflecken-Periode in den Temperaturkurven zum großen Teil von kürzeren Schwankungen überschattet.

Verhältnis zwischen den Temperaturen verschiedener Erdgebiete und den Sonnenflecken.

Um die größeren Perioden klarer hervortreten zu lassen, haben wir Ausgleichungen der Jahresmittel für verschiedene Erdgebiete vorgenommen, die Köppen aus Mielkes Temperaturreihen berechnet und in seiner Abhandlung vom Jahre 1914

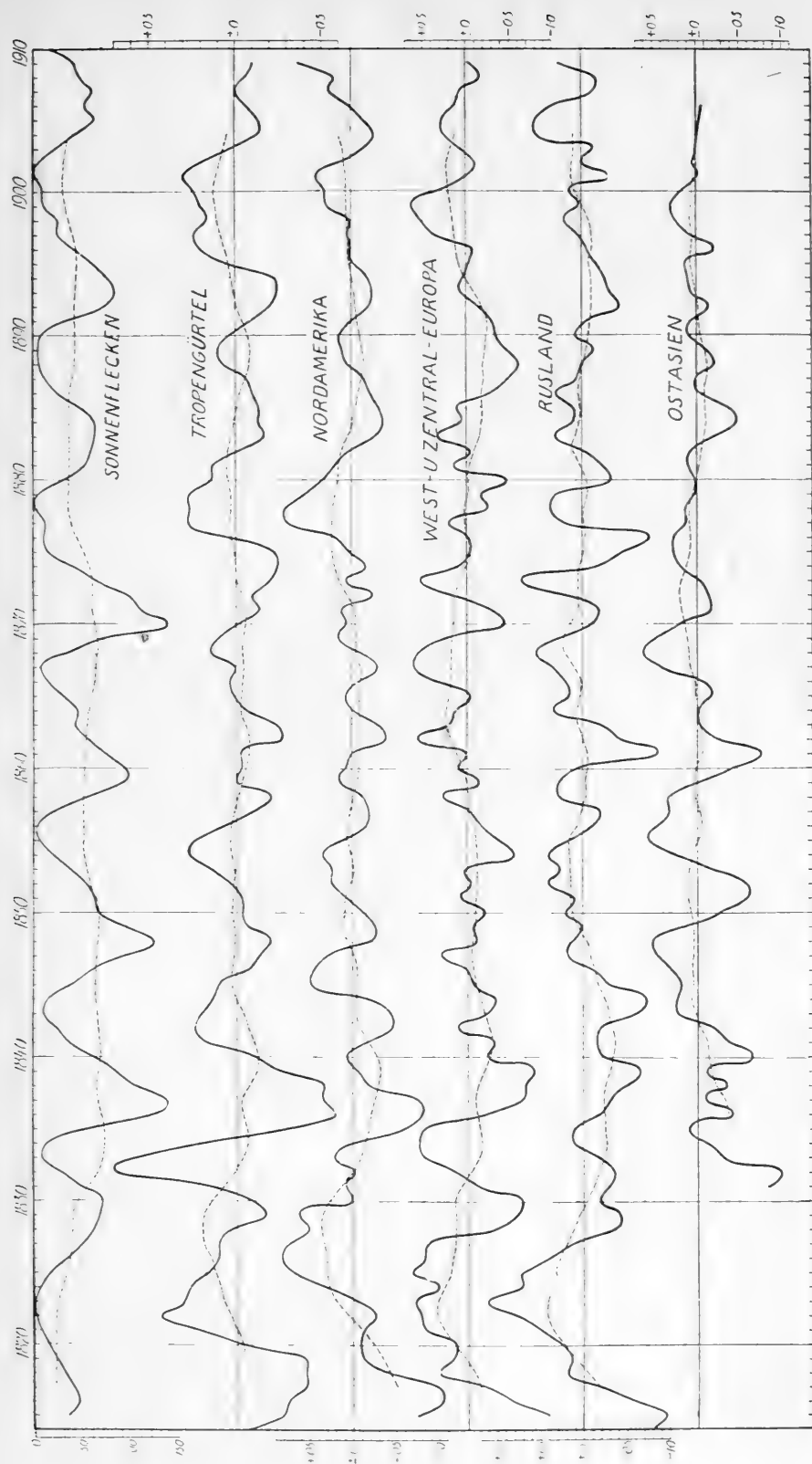


Fig. 66. Kurven für dreijährig (voll ausgezogene Linien) und elfjährig (gestrichelte Linien) ausgeglichene Temperaturwerte der Luft für verschiedene Regionen der Erde (nach Köppens und Mielkes Tabellen).

veröffentlicht hat. Wir haben zuerst fortlaufende Dreijahrs-Mittel gebildet, und auf ihrer Grundlage weitere Elfjahrs-Mittel. Dies ist in den Kurven Fig. 66 dargestellt. Zuoberst findet man hier eine voll ausgezogene Kurve, die die ausgeglichenen Relativzahlen der Sonnenflecken nach Wolfers Tabellen darstellt. Die gestrichelte Kurve stellt die fortlaufenden Elfjahrs-Mittel der genannten ausgeglichenen Relativzahlen dar. Die anderen voll ausgezogenen Kurven zeigen die Temperatur-Schwankungen in verschiedenen Erdgebieten, ausgeglichen als Dreijahrs-Mittel. Die gestrichelten Linien zeigen die entsprechenden Werte nach sukzessiver Elfjahrs-Ausgleichung.

Zwischen mehreren dieser Kurven und der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve besteht eine augenfällige Übereinstimmung. Besonders kann die Kurve für die Tropen, ferner die für Nordamerika und auch — wenn schon in geringerem Grad — die für Ostasien erwähnt werden. Die Schwankungen in der Kurve für Ostasien scheinen im Verhältnis zur Sonnenflecken-Kurve ein paar Jahre verschoben zu sein. Im allgemeinen gilt, daß ein Maximum von Sonnenflecken einem Minimum von Temperatur entspricht. (Man bemerke, daß die Skala für die Sonnenflecken abwärts ansteigt, während die Skala für die Temperatur-Kurven aufwärts ansteigt).

Die anderen Kurven zeigen viele kleinere Schwankungen und in mehreren Fällen hat man eine ganz stark ausgeprägte Andeutung zu einer halben Sonnenflecken-Periode in den Temperaturschwankungen. Das kommt besonders gut in der Kurve für Rußland zum Vorschein, wo Minimum von Temperatur wesentlich bei Maximum von Sonnenflecken fällt, aber auch ein bedeutendes Minimum bei Minimum von Sonnenflecken. Das geht ja auch aus Fig. 65 hervor, die Köppens Abhandlung entnommen ist. Die kürzeren Perioden sind selbstverständlich zum wesentlichen Teil aus unseren Kurven in Fig. 66 infolge der Ausgleichung verschwunden.

In Fig. 67 haben wir die Sonnenflecken-Kurve (S) mit der ausgeglichenen Temperatur-Kurve für die ganze Erde (Kurve *a*) nach fortlaufender Dreijahrs-Ausgleichung aus den Werten in Mielke-Köppens Tabellen zusammengestellt. Die Übereinstimmung zwischen diesen beiden Kurven ist ja auffallend, und das Vorhandensein der Sonnenflecken-Periode in den Schwankungen der Lufttemperatur der Erde läßt sich nicht bezweifeln. Wir haben die Korrelation zwischen den beiden Kurven studiert, indem wir die durchschnittlichen Temperaturwerte bestimmt haben, die gewissen Sonnenfleckenzenahlen entsprechen. Mittels dieser Werte haben wir Kurve *c* auf Fig. 67 gezeichnet. Diese Kurve zeigt also die Temperaturverteilung, die wir nach der Anzahl der Sonnenflecken sollten erwarten können.

Die Differenzen zwischen Kurve *a* und *c* sind in Kurve *a-c* dargestellt, die bedeutende Schwankungen aufweist außer denen, die mit der

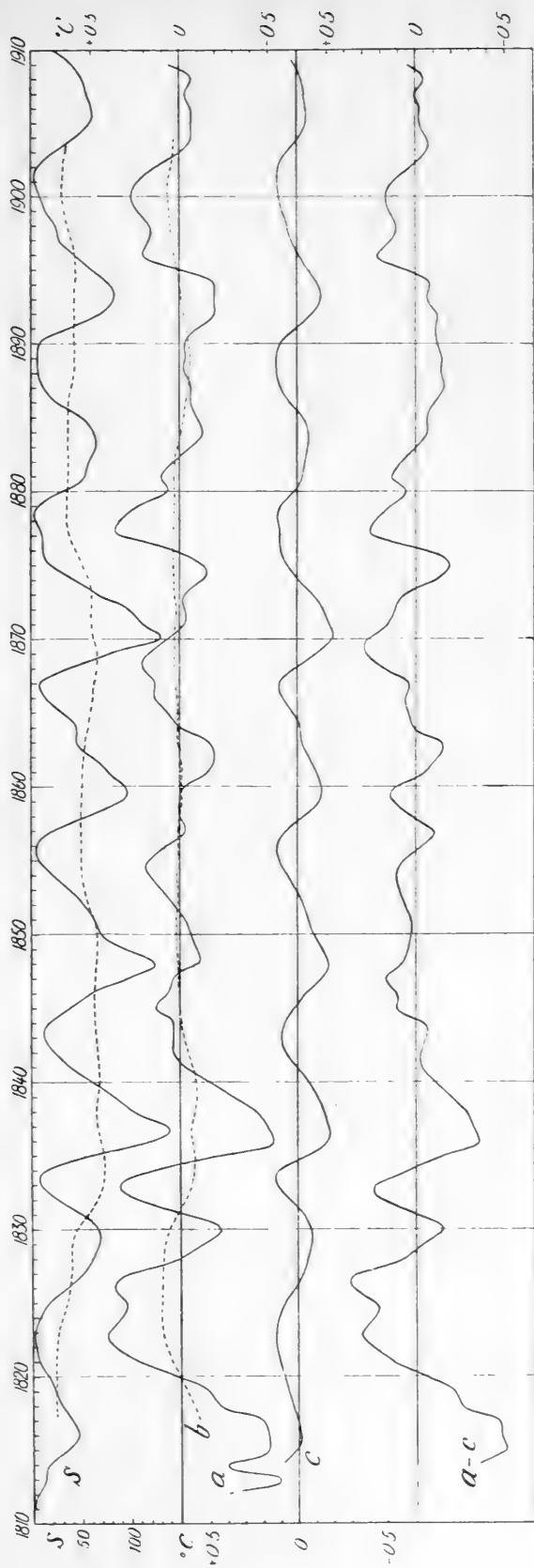


Fig. 67. *S*: die Relativzahlen der Sonnenflecken (nach Wolfers Tabelle der ausgeglichenen Werte). Die gestrichelte Kurve stellt diese Werte nach Ausgleichung durch fortlaufende 11-Jahrs-Mittel dar. *a*: die Temperatur der ganzen Erde nach fortlaufender Dreijahrs-Ausgleichung ($b' = \frac{1}{3}(a + b + c)$). *b*: fortgesetzte 11-Jahrs-Ausgleichung derselben Werte ($b' = \frac{1}{11}(a' + b' + \dots + k')$). *c*: Kurve für die Korrelation zwischen Kurve *a* und Kurve *S*. *a-b*: Differenz zwischen den Werten der Kurve *a* und denjenigen der Kurve *c*.

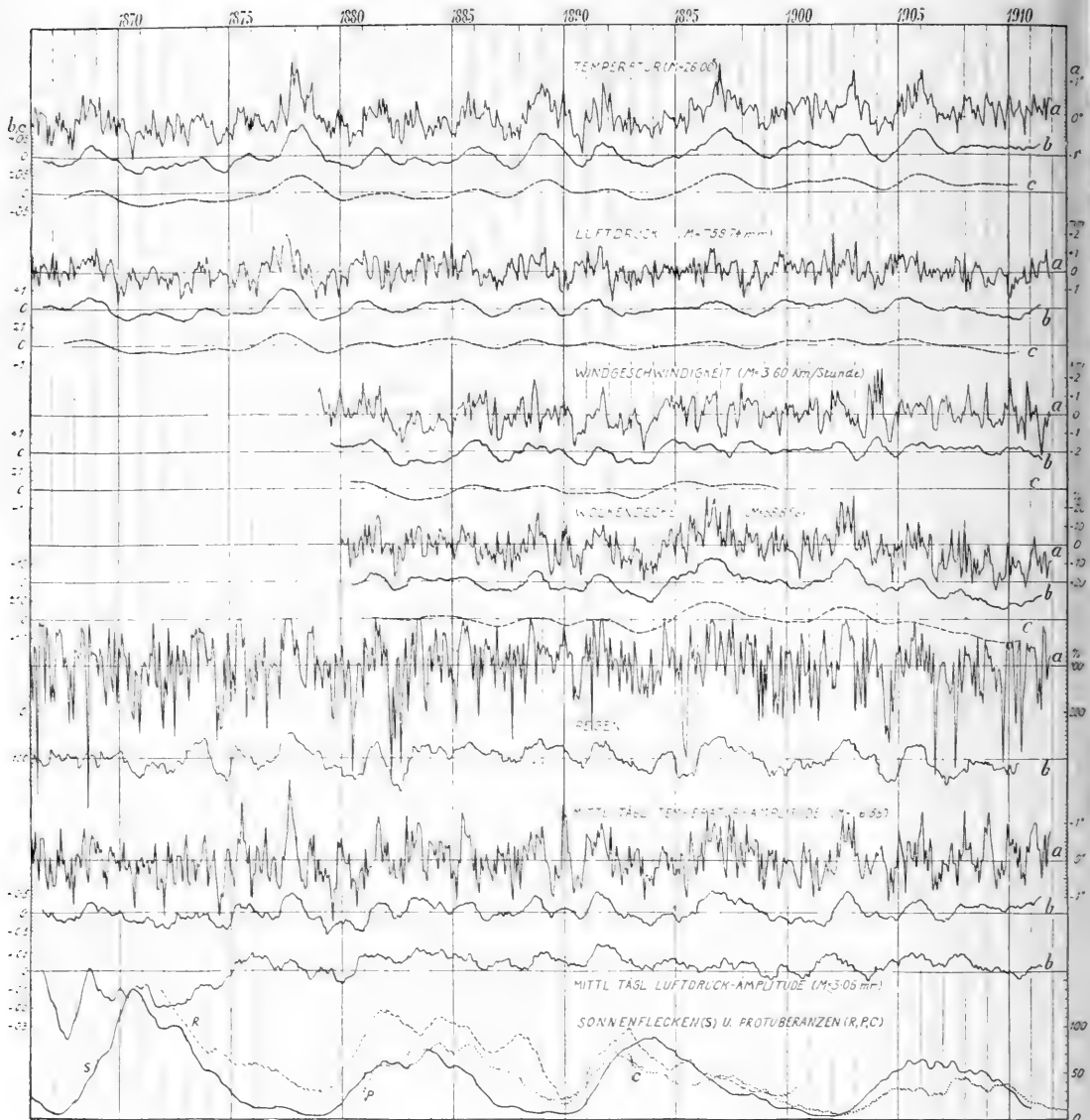


Fig. 68. Kurven der meteorologischen Elemente in Batavia. Die *a*-Kurven stellen die unmittelbar beobachteten Monatsmittel dar. *b*-Kurven: diese Mittel in fortlaufender 12-monatlicher Ausgleichung, und *c*-Kurven: in fortgesetzter, fortlaufender, 24-monatlicher Ausgleichung. *S*: Ausgeglichene Relativzahlen der Sonnenflecken. *R*, *P*, *C*: Sukzessive 12-Monatsmittel der täglichen Anzahl der Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom (*R*), Palermo (*P*) und Catania (*C*). (Skala rechts, 100 = 10.0).

einfachen Sonnenflecken-Periode in Verbindung steht. Wie man sehen wird, besteht in dieser Kurve eine Andeutung zu zwei geringeren Schwankungen innerhalb jeder der größeren einfachen Sonnenflecken-Perioden.

Um nun die Frage weiter zu verfolgen, welcher Zusammenhang zwischen den Verhältnissen auf der Sonne und den meteorologischen Erscheinungen

auf der Erde besteht, ist es von Wichtigkeit, die einzelnen meteorologischen Elemente zu studieren. Wir haben deshalb eine große Reihe von Untersuchungen über die meteorologischen Erscheinungen in verschiedenen Gebieten der Erde angestellt. Wie zu erwarten war, zeigte es sich auch sofort, daß auf höheren Breiten die Verhältnisse verwickelter und mit häufigeren und größeren Schwankungen verbunden sind, als in den Tropen, wo die Erscheinungen sich einfacher entwickeln und sich leichter studieren lassen. Es mußte deshalb als das natürlichste erscheinen, zuerst mit unseren Untersuchungen nach den Tropen zu gehen.

Schwankungen der Meteorologischen Elemente in Batavia.

Unter den Tropenstationen haben wir zuerst *Batavia* studiert, von wo sehr erschöpfende und systematische Beobachtungen über die meteorologischen Verhältnissen aus einer langen Jahresreihe vorliegen.

Auf Fig. 68 haben wir Kurven für die Schwankungen in den verschiedenen meteorologischen Elementen in Batavia gezeichnet. Es sind drei Arten von Kurven: *a*-Kurven, die die Schwankungen in den unmittelbar beobachteten Monatsmitteln zeigen, die *b*-Kurven, die diese Monatsmittel in fortlaufender zwölfmonatlicher Ausgleichung zeigen, und die *c*-Kurven, die eine fortgesetzte fortlaufende Ausgleichung von 24 Monaten zeigen.

Beim Vergleichen dieser verschiedenen Kurven zeigt sich eine auffallende Ähnlichkeit, sogar in vielen Einzelheiten. Wir wollen besonders die *b*-Kurven betrachten. Es zeigt sich, daß jedenfalls die größeren Schwankungen in allen Kurven wiederkehren, jedoch in der Weise, daß die Temperaturschwankungen etwas später kommen als die Luftdruckschwankungen und die Schwankungen in den anderen Verhältnissen. Daß die Schwankungen im Luftdruck oft mehrere Monate vor den Schwankungen in der Temperatur kommen, wird man auch aus vielen Einzelheiten in den *a*-Kurven sehen; vgl. z. B. die Jahre 1877 und 78, wo wir drei ausgeprägte Maxima im Luftdruck finden, die mehrere Monate später in der Temperatur wiederkehren.

Es läßt sich auch denken, daß Schwankungen im Luftdruck Schwankungen in der Bewölkung hervorrufen, und dadurch wieder Schwankungen im Niederschlag und in der täglichen Temperatur-Amplitude. Schwankungen in der Bewölkung würden selbstverständlich Schwankungen in der Temperatur der Luft hervorrufen. Eine starke Bewölkung wird an einem Ort wie Batavia (in den Tropen) von niedriger Temperatur begleitet sein (die Skala für die Bewölkung hat auf unsrer Figur steigende Werte abwärts, während für die Temperatur aufwärts). Veränderungen in der Temperatur kommen infolge der Trägheit etwas später als die Veränderungen in der

Bewölkung, die indessen augenblicklich von Veränderungen in der täglichen Temperatur-Amplitude begleitet sind. Die Folge hiervon ist, daß die Schwankungen in der täglichen Temperatur-Amplitude in der Regel etwas vor den Schwankungen in der Durchschnittstemperatur des Orts auftreten, wie aus einem Vergleich unsrer Kurven in Fig. 68 hervorgeht. Wir haben auch eine *b*-Kurve für die mittlere tägliche Luftdruck-Amplitude gezeichnet. Diese weist im großen ganzen dieselben Schwankungen auf, wie die anderen Kurven. Es kann sein besonderes Interesse haben, zu beachten, daß das ausgeprägte Minimum, das wir im Jahre 1904 für

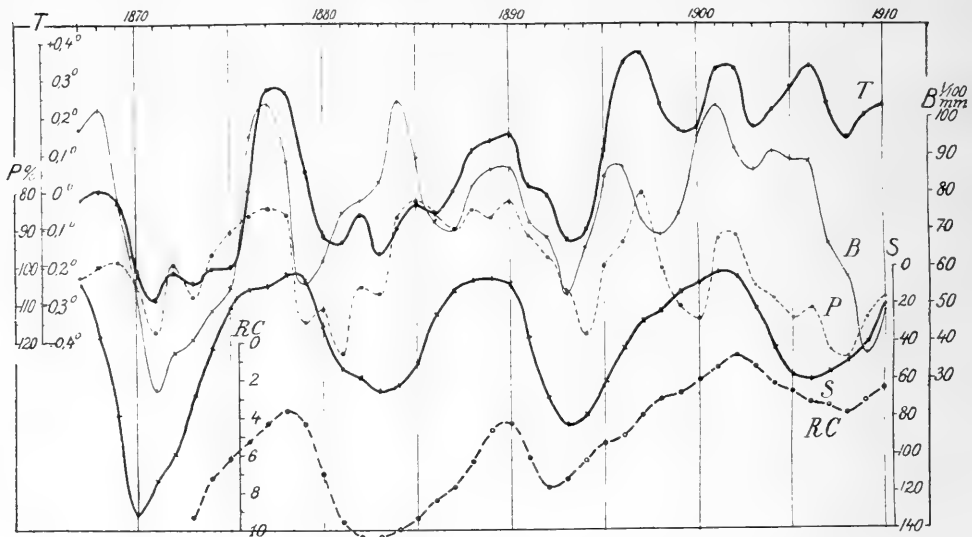


Fig. 69. Batavia. Die Kurven zeigen sukzessive Dreijahrs-Mittel von Temperatur (*T*), Luftdruck (*B*), Regenfall (*P*), Sonnenflecken (*S*), und Protuberanzen (*RC*, nach Beobachtungen in Rom bis 1898 und in Catania).

die Oberflächen-Temperatur im Atlantischen Ozean gefunden haben, auch in allen Kurven für die meteorologischen Elemente in Batavia wiederkehrt, außer in den Kurven für die Windgeschwindigkeit und für die tägliche Luftdruck-Amplitude.

Wie man sehen wird, folgen die *b*-Kurven und die *c*-Kurven einander im großen ganzen, d. h. — abgesehen von einigen einzelnen Schwankungen — sind die wesentlichen Schwankungen diesen beiden Arten von Kurven gemeinsam, was darauf hindeutet, daß die Zweijahrs-Periode keine größere Rolle an einem Ort wie Batavia spielt. Indem man den Monatsabstand z. B. zwischen den Maxima für eine längere Jahresreihe in den verschiedenen Kurven zählt, findet man einen durchschnittlichen Abstand zwischen ihnen von 32 bis 33 Monaten. Dies entspricht einer Viertel Sonnenflecken-Periode.

Vergleichen wir nun diese Kurven für die meteorologischen Verhältnisse mit der Sonnenflecken-Kurve (*S*), die auf der Figur zuunterst steht, so sehen wir, daß in der Regel bei Minimum von Sonnenflecken ein Maximum von Luftdruck, Temperatur und täglicher Temperatur-Amplitude besteht, und ein Minimum von Bewölkung und Niederschlag. Bei Maxima von Sonnenflecken bestehen durchgehends ähnliche, aber sekundäre Maxima und Minima, in Übereinstimmung mit der soeben erwähnten Verteilung der Sonnenflecken-Periode. Die kürzeren Perioden von ungefähr 3 Jahren stimmen teilweise mit entsprechenden Perioden in den Protuberanzen-Kurven *R*, *P* und *C* überein. Wir werden später hierauf zurückkommen.

Die Übereinstimmung zwischen den Schwankungen in den Sonnenflecken und in der Temperatur und dem Luftdruck in Batavia kommt besonders gut zum Ausdruck, wenn man aus den einzelnen Jahresmitteln für die meteorologischen Verhältnisse sukzessive Dreijahrs-Durchschnitte bildet. Das Ergebnis einer solchen Berechnung ist in Fig. 69 dargestellt, wo die Kurven für Luft-Temperatur und

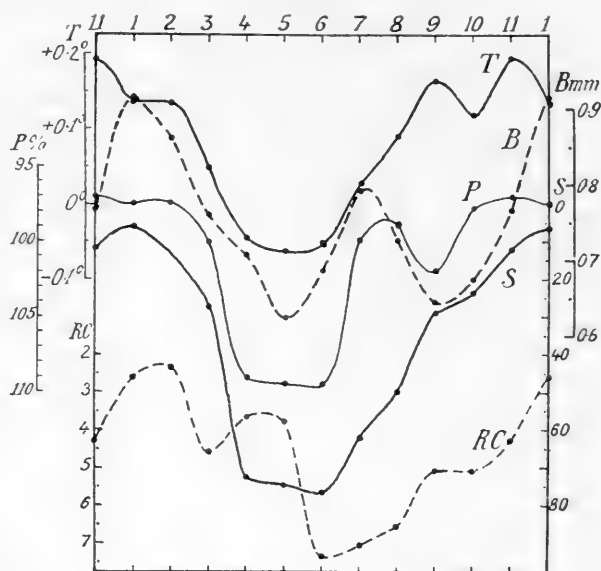


Fig. 70. Batavia. Durchschnittliche Schwankungen in der Lufttemperatur (*T*), im Luftdruck (*B*), in der Regenmenge (*P*), in den Sonnenflecken (*S*) und in den Protuberanzen (*RC*) während der Sonnenflecken-Periode in der Zeit 1866–1910.

Druck mit steigenden Skalen aufwärts gezeichnet sind, für die Sonnenflecken dagegen mit steigender Skala abwärts. Die Elbfahrs-Periode für die meteorologischen Verhältnisse kommt sehr deutlich zum Ausdruck, aber man wird ebenfalls bemerken, daß Andeutungen von einer Aufteilung dieser Periode in zwei Hälften vorhanden sind. Die Verteilung kommt selbstverständlich infolge der Dreijahrs-Ausgleichung nicht zum Vorschein.

Der Beobachtungsstoff aus Batavia erstreckt sich von den Jahren 1866 bis 1910, d. h. durch vier Sonnenflecken-Perioden. Wir haben die Durchschnittswerte für diese vier Perioden zusammen berechnet, und die Ergebnisse hiervon sind in Fig. 70 dargestellt, wo die Sonnenflecken-Kurve (*S*) nach einer ähnlichen Durchschnitts-Berechnung für vier Elbfahrs-

Perioden zusammen mit den entsprechenden Kurven für Luft-Temperatur (T) Luftdruck (B) und Regenmenge (P) in Batavia dargestellt ist. Die Protuberanzen-Kurve (RC), nach einer ähnlichen Berechnung für die Zeit 1872—1910, haben wir hinzugefügt.

Aus diesen beiden Figuren wird man sehen, was wir schon früher gefunden haben, daß der Luftdruck und die anderen Verhältnisse in der Regel etwas früher mit ihren Schwankungen kommen, als die Lufttemperatur. In Fig. 70 ist die Aufteilung der Elfhjrs-Periode in zwei Hälften sehr deutlich für alle meteorologische Elemente.

Die Analyse der meteorologischen Elemente in Batavia zeigt also deutlich Schwankungen mit durchschnittlichen Periodenlängen von 11, $5\frac{1}{2}$ und $2\frac{3}{4}$ Jahren, also die ganze, halbe, und viertel Elfhjrs-Periode.

Temperatur-Schwankungen an verschiedenen Stationen in den Tropen und anderen Gebieten.

Wir haben auch die meteorologischen Schwankungen an einer Reihe andrer Tropenstationen studiert und die Untersuchungen auf Fig. 71 dargestellt, wo die Kurven folgende Bezeichnungen erhalten haben: T für Temperatur, B für Luftdruck, P für Niederschlag, N für Bewölkung und $T-A$ für Temperatur-Amplitude. Zuoberst auf der Figur sind die Temperatur- und Druckkurven für Batavia wiedergegeben. Im übrigen findet man Kurven für Wellington (Südindien), Mauritius, Antananarivo (Madagaskar), Port au Prince (Haiti), Fort de France (Martinique), und schließlich Arequipa (Peru) und Bombay. Die Temperatur-Kurven *VIII a* und *b* für Bombay sind aus Arctowskis Abhandlungen [1912 u. 1915] abgezeichnet. Die Skala ist deshalb nicht völlig gleich den Skalen der anderen Kurven, aber sehr nahe dieselbe.

Betrachten wir nun zuerst die *Temperatur-Kurven* (die starken Linien), so werden wir eine auffallende Ähnlichkeit für sie alle finden, außer für Bombay nach 1900 (Kurve *VIII b*). Als Beispiel können wir das Minimum in den Jahren 1903—4 erwähnen, und das Maximum 1905—06, die in allen wiederkehren außer in der Kurve für Bombay, und zwar so gut wie vollständig gleichzeitig. Die anderen ausgeprägten Maxima und Minima kehren ebenfalls fast gleichzeitig in allen Kurven wieder mit höchstens einigen wenigen Monaten Phasenverschiebung. Wir finden m. a. W. dieselben Schwankungen — so z. B. besonders die $2\frac{3}{4}$ jährliche Periode — in so verschiedenen Gegenden der Erde wieder, wie von Batavia bis nach Arequipa in Peru.

Indessen verläuft die Temperaturkurve für Bombay in den Jahren 1900—1909 genau in umgekehrter Richtung zu allen anderen. Dies ist

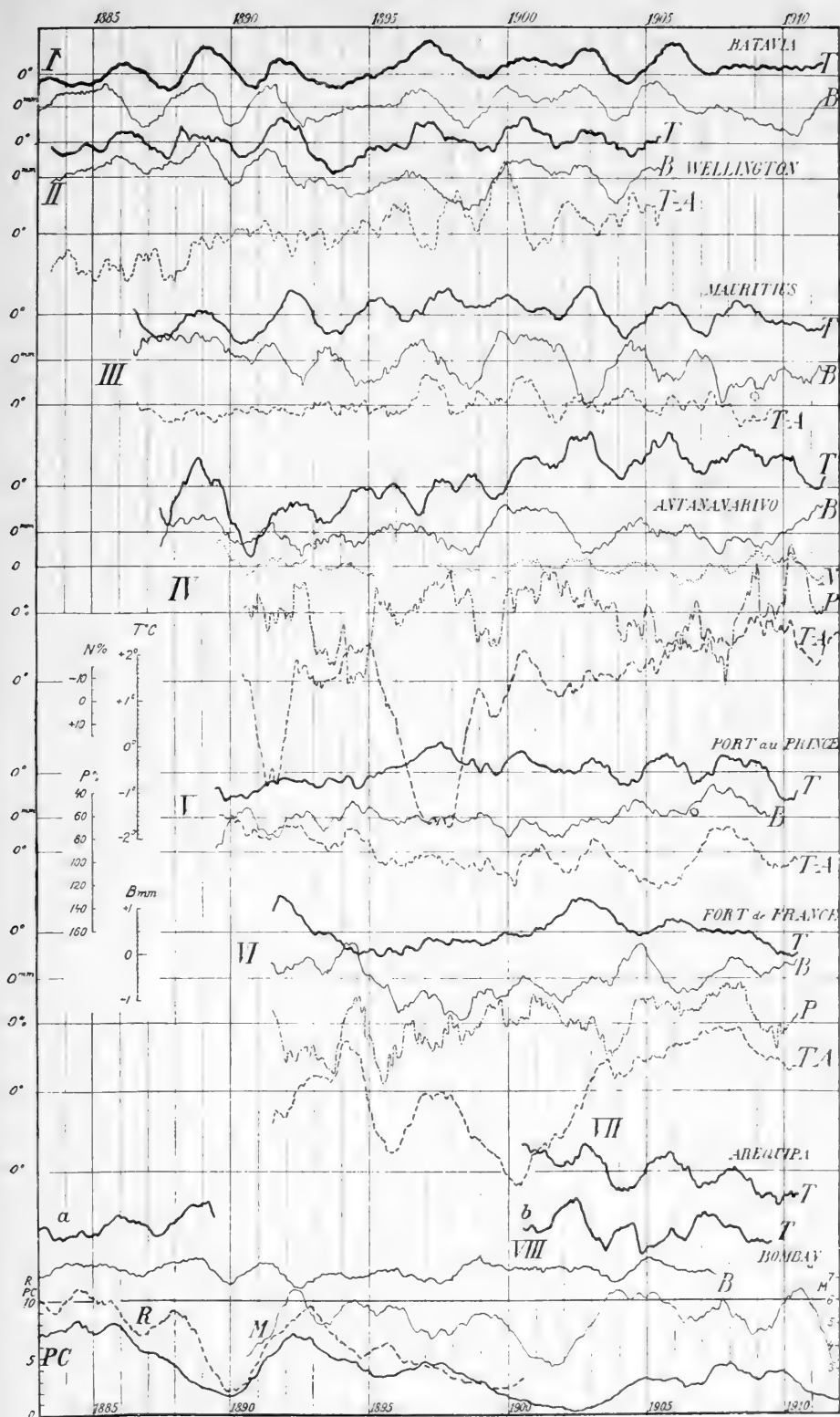


Fig. 71. Kurven für verschiedene, meteorologische Elemente in fortlaufender 12-monatlicher Ausgleichung. T: Lufttemperatur. B: Luftdruck. T-A: Tägliche Temperatur-Amplitude. N: Wolkendecke. P: Regenmenge. M: Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam (Skala rechts). R: Tägliche Anzahl Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom, und PC: nach Beobachtungen in Palermo und Catania, in 12-monatlicher Ausgleichung.

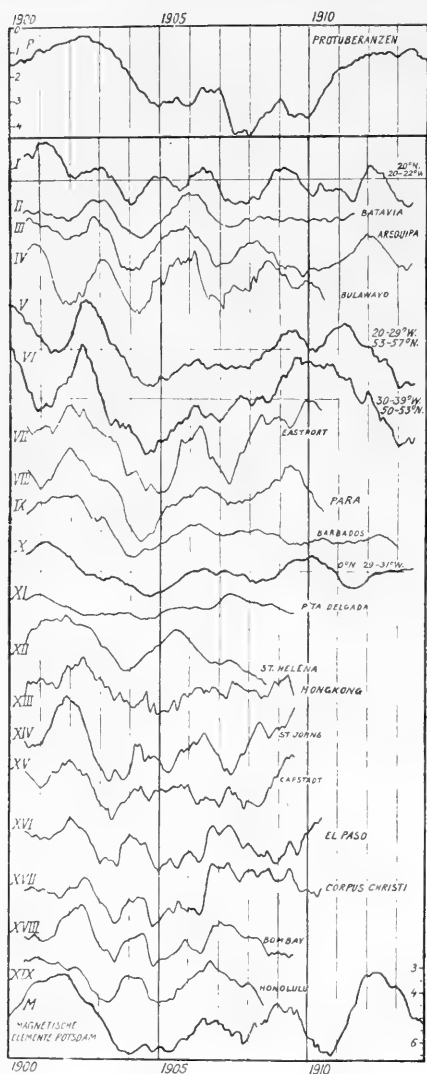


Fig. 72. Kurven (in fortlaufender 12-monatlicher Ausgleichung) für Lufttemperatur (nach Arctowski) und Oberflächen-Temperatur (I, V, VI, X). Kurve P: Monatsmittel der täglichen Anzahl von Protuberanzen (nach Beobachtungen in Catania). M: Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam. Kurven P und M sind ungekehrt. Alle Kurven stellen die fortlaufenden 12-monatlich ausgeglichenen Mittelwerte dar.

um so überraschender, als die anderen Stationen Batavia, Wellington, Mauritius und Antananarivo gegenseitig vollständige Übereinstimmung aufweisen und sämtlich am Indischen Ozean liegen, und auch der Abstand, z. B. zwischen Bombay und Wellington an der Südspitze von Indien, ja doch verhältnismäßig gering ist. Die Kurve VIII a für Bombay für die Jahre vor 1889 zeigt aber vollständige Übereinstimmung mit den anderen Kurven (vgl. Fig. 91, Ia, IV).

Arctowski [1912, 1914, 1915] hat Temperaturkurven auf Grund einer zwölfmonatlichen Ausgleichung für eine ganze Reihe von meteorologischen Stationen aus verschiedenen Teilen der Erde veröffentlicht. In Fig. 72 und 73 haben wir einen Teil dieser Kurven wiedergegeben, und zwar zusammen mit einigen unserer in derselben Weise ausgeglichenen Kurven für die Oberflächen-Temperatur des Atlantischen Ozeans in den dänischen und holländischen Feldern (Fig. 72, V u. VI, Fig. 73, IX u. XIV), und in der Feldern des internationalen Zentral-Büros (Fig. 72, I u. X, vgl. S. 125) sowie ferner ähnliche Kurven für ganz Norwegen und für meteorologische Stationen in den westlichen Vereinigten Staaten am Stillen Ozean. Wie man sehen wird, besteht eine unverkennbare gegenseitige Übereinstimmung zwischen vielen dieser Kurven aus so verschiede-

nen Teilen der Erde; aber gleichzeitig ist es auch scheinbar, daß die Kurven in einer Weise sich in mehrere besonders ausgeprägte Typen einteilen lassen, wie z. B. den ausgeprägten Typus, der von der Oberflächen-

Temperatur im Felde auf 20° N-Br. und $20-22^{\circ}$ W-Lg. (Fig. 72, I) dargestellt wird, ferner von der Lufttemperatur aus Batavia, Arequipa, Bulawayo usw. (die Kurven II—IV). Dies ist derselbe Typus, der in allen unseren tropischen Stationen in Fig. 71 (Batavia, Wellington, Mauritius usw.) wiederkehrt.

Ein von diesem etwas verschiedenen Typus wird von den Oberflächen-Kurven aus den westlichen dänischen Feldern auf $20-29^{\circ}$ W-Lg. und $30-39^{\circ}$ W-Lg. (Fig. 72, V und VI) dargestellt; ferner von den Lufttemperatur-Kurven für Eastport, Para (Kurven VII und VIII), teilweise auch Barbados, Ponta Delgada, St. Helena, Honkong (IX, XI—XIII), und ebenfalls der Oberflächen-Kurve für das Äquatorfeld auf $29-31^{\circ}$ W-Lg. (Kurve X). Ähnlichkeit mit Eastport weist die Kurve für St. Johns (XIV) auf, aber sie unterscheidet sich durch ihr sekundäres Maximum im Jahre 1904. Beträchtliche Ähnlichkeit mit diesem Typus hat auch der Typus, der von El Paso, Corpus Christi, Bombay, Honolulu (XVI—XIX) vertreten wird. Ähnlichkeit mit diesem wieder hat ferner die Kurve für Capstadt (XV). Aber diese letztere Art — der Bombay-Typus — verläuft, wie bereits erwähnt, genau umgekehrt zu dem Typus von Batavia.

Einem von diesen völlig verschiedenen Typus gehören die Kurven I und II, Fig. 73, für die Lufttemperatur in den westlichen Vereinigten Staaten an der Küste des Stillen Ozeans (Mielkes Gebiet 10, zusammengestellt von uns) und in Los Angeles in Kalifornien (nach Arctowski). Einige Ähnlichkeit mit diesem Typus haben die Temperatur-Kurven für Havre und Miles City, beide in Montana. Ähnlichkeit mit diesen wieder haben bis zu einem gewissen Grad die Grönländischen Kurven für Upernivik und Ivigtut (V und VI). Aber von hier besteht eine weitere Entwicklung über Angmagssalik (VII) bis nach Beruford (VIII) an der isländischen Ostküste, und nach Thorshavn (X) auf den Färöer-Inseln. Mit der letztgenannten Kurve

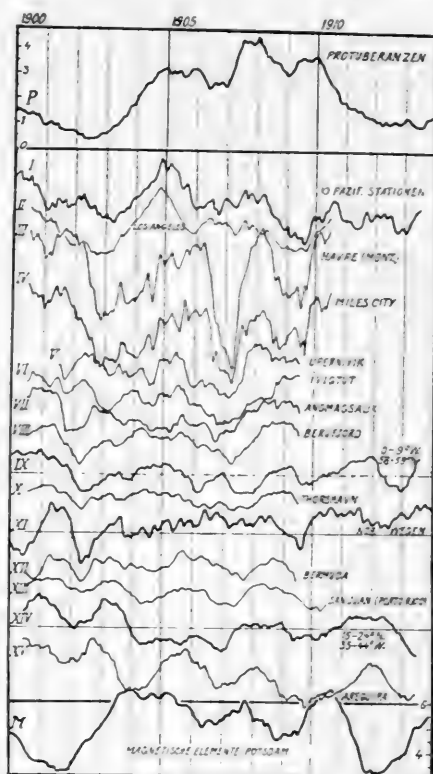


Fig. 73. Ähnliche Kurven wie in Fig. 72 für Lufttemperatur (meistens nach Arctowski) und Oberflächen-Temperatur (IX, XIV).

zeigt die Kurve IX für die Oberflächen-Temperatur in dem östlichen dänischen Feld $0-9^{\circ}$ W-Lg. südlich der Färöern eine vollständige Übereinstimmung, und diese wieder hat teilweise Ähnlichkeit mit der Kurve für die Lufttemperatur in ganz Norwegen (XI). Diese Kurven haben wieder eine gewisse Ähnlichkeit mit der Kurve XII für die Lufttemperatur auf Bermudas und ferner auch mit der Kurve für San Juan auf Porto Rico (XIII),

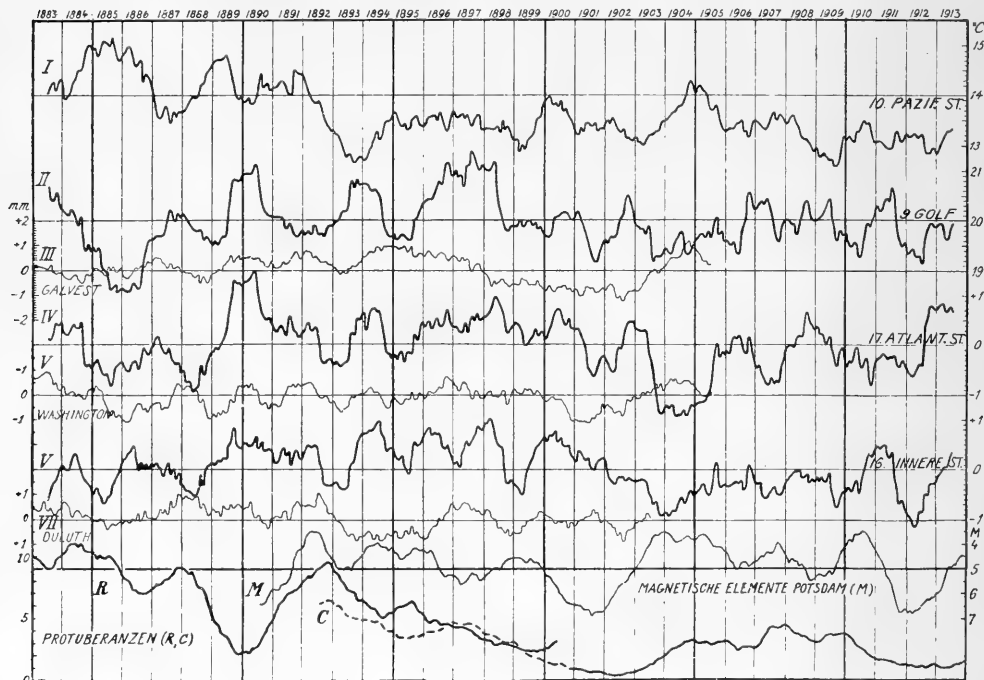


Fig. 74. Kurven (in fortlaufender 12-monatlicher Ausgleichung) für die Monatsmittel der Temperatur in den Vereinigten Staaten. I: in Mielkes Gebiet 10, Pazifik Staaten (North, Middle, and South Pacific Coast). II: in Mielkes Gebiet 9, Golf Staaten (Florida, East and West Gulf). IV: in Mielkes Gebiet 17, Atlantischen Staaten (New England, Middle and Southern Atlantic States). VI¹: in Mielkes Gebiet 16, inneren Staaten (Lower and Upper Lake Region, Ohio, Upper Mississippi, Missouri Valley, Northern, Middle and South Plateau). Kurven III, V und VII: Luftdruck in Galveston, Washington, und Duluth. M: Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam². R und C: Monatsmittel der täglichen Anzahl von Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom (R) und Catania (C). Alle Kurven stellen die fortlaufenden 12-monatlich ausgeglichenen Mittelwerte dar.

die ihrerseits wieder, wie oben erwähnt (S. 72) Ähnlichkeit mit der Kurve für die Oberflächen-Temperatur in dem holländischen Zehngrad-Quadrat auf $15-24^{\circ}$ N-Br. (XIV) und mit der Kurve für Arequipa (XV) hat.

Hätten wir Kurven für viele dazwischenliegende Stationen mit berücksichtigt — von denen sich z. B. einige bei Arctowski finden — würden wir einen gleichmäßigeren Übergang zwischen diesen verschiedenen Kurven

¹ Auf der Figur unrichtig mit V bezeichnet.

² Die Zahlen der Skala für M rechts sollen 6, 5, 4, 3 statt 4, 5, 6, 7 sein.

erhalten haben. Wir sehen, daß wir auf diese Weise Anknüpfung zwischen den Temperatur-Schwankungen an sehr weit von einander entfernt liegenden Stellen der Erde finden können; während in näher liegenden Strichen zwischen ihnen die Schwankungen oft einen sehr verschiedenen, teilweise vollständig umgekehrten Charakter haben.

Zwei der Haupttypen — welche durch die Namen Batavia und Bombay dargestellt werden — zeigen Schwankungen, die durchgehends in dem Zeitraum zwischen 1900 und 1910 einen vollständig entgegengesetzten Verlauf nehmen. Mehrere der anderen Kurven, besonders der Kurventypus, der durch die Oberflächen-Temperatur für den mittleren Atlantischen Ozean (den westlichsten dänischen Feldern, Fig. 72, V und VI), Eastport, Para und St. Johns vertreten wird, sind Übergangsformen zwischen diesen beiden entgegengesetzten Typen.

Temperatur-Schwankungen in den Vereinigten Staaten.

Gehen wir nun dazu über, die Kurven in Fig. 74 zu betrachten, die die meteorologischen Verhältnisse in verschiedenen Gebieten in den Vereinigten Staaten darstellen, so finden wir hier in den Temperatur-Kurven (vgl. Tabelle 18 L) zwei Typen. Der eine Typus wird durch die Kurve aus dem Gebiet an der pazifischen Küste (Kurve I) dargestellt und der andre durch die Kurven aus den östlichen Staaten an der Küste des Atlantischen Ozeans (Kurve IV), sowie am Mexikanischen Golf (Kurve II). Die Temperatur-Kurve für die inneren Staaten bildet einen Übergang zwischen diesen beiden Kurventypen, sie hat bald etwas von dem einen Typus, bald etwas von dem andern, und wo beide Typen gleichzeitig Minimum oder Maximum haben, sind diese besonders stark in der Übergangsform ausgeprägt, wie z. B. das Minimum in den Jahren 1898—99. Dies stimmt ja auch vollständig mit dem überein, was nach Hildebrandsson der Fall sein sollte, da er ja eine Aktionssphäre längs der pazifischen Küste hat und eine andre in den östlichen Staaten.

Betrachten wir nun diese Kurven für den Zeitraum nach 1900, so finden wir, daß die Kurve für die pazifische Küste, wie oben erwähnt, einen Typus für sich darstellt, der sehr ungleich den anderen Typen ist, während der andre Typus, der besonders von den Oststaaten an der Atlantischen Meeresküste vertreten wird, vollständig derselbe Typus ist, der durch Batavia und die anderen von uns untersuchten Tropenstationen (auch Arequipa) für diesen Zeitraum dargestellt wird. Nach 1900 zeigt es sich, daß einige Ungleichheit besteht zwischen der Kurve für die Golf-Staaten und der Kurve für die Atlantischen Staaten, während diese beiden Kurven für den Zeitraum vor 1900 vollständige Übereinstimmung aufweisen.

Diese Ungleichheit für den späteren Zeitraum bringt es indessen mit sich, daß die Kurve für die Golf-Staaten der Kurve für Corpus Christi (Fig. 72, XVII) gleicht, — was ja auch erwartet werden mußte, da diese am Golf liegt, — aber damit gleicht sie auch der Kurve für Bombay und den ähnlichen Kurven.

Wenn Hildebrandsson mit seiner Auffassung von den Aktionssphären recht hat, sollten wir also erwarten können, daß die Kurven für die östlichen Vereinigten Staaten längs der Küste des Atlantischen Ozeans sowohl wie auch die Kurve für die Golf-Staaten Ähnlichkeit mit den Temperatur-Kurven für Skandinavien aufweisen. Stellen wir nun diese amerikanischen Kurven mit der Kurve für die Küstentemperatur längs der norwegischen Küste, der Kurve für die Lufttemperatur für ganz Norwegen und für die Lufttemperatur in Stockholm zusammen, so finden wir auch eine bemerkenswerte Übereinstimmung. Das ergibt Fig. 75 deutlich genug, ohne daß man näher darauf hinzuweisen braucht. Wir sehen also hier wieder eine gute Bestätigung dafür, daß Hildebrandsson richtig gesehen hat. Auf derselben Figur zuoberst haben wir auch die zwölfmonatlich ausgeglichene Kurve für Liepes Station I wiedergegeben. Wie man sehen wird, stimmt diese nicht völlig mit den anderen Kurven überein, zeigt aber dennoch in mehreren Zeiträumen von vielen Jahren eine besonders gute Übereinstimmung; bisweilen aber kann sie auch umgekehrt gehen. Sie bildet deutlich genug eine Mischform von zwei verschiedenen Typen von Kurven, in derselben Weise wie die Kurve für die inneren Staaten von Amerika. Dies ist auch, was wir nach Hildebrandsson hätten erwarten müssen, da ja diese Kurve am nächsten mit den Kurven für Mitteleuropa übereinstimmen sollte, die eine Mischform zwischen den Kurven von Nord-europa und denen von Südeuropa bilden. Die südeuropäische Kurve sollte wiederum nach Hildebrandsson mit der Kurve der pazifischen Küste übereinstimmen.

Plötzliche Umschläge in der Übereinstimmung zwischen den Kurven verschiedener Stationen.

Vergleichen wir nun die Kurven auf Fig. 75 für Batavia und die amerikanischen Gebiete, so sehen wir, daß die Schwankungen in den atlantischen Staaten und Batavia im Zeitraum nach 1897 gleichlaufend waren. Für die früheren Jahre gehen dagegen diese beide Kurven in umgekehrter Richtung zu einander, und die Schwankungen in Batavia entsprechen dann den Schwankungen an der Pazifik-Küste. Wie wir bereits aufmerksam gemacht haben, verliefen auch die Schwankungen in Batavia und die Schwankungen in Bombay umgekehrt zu einander für den

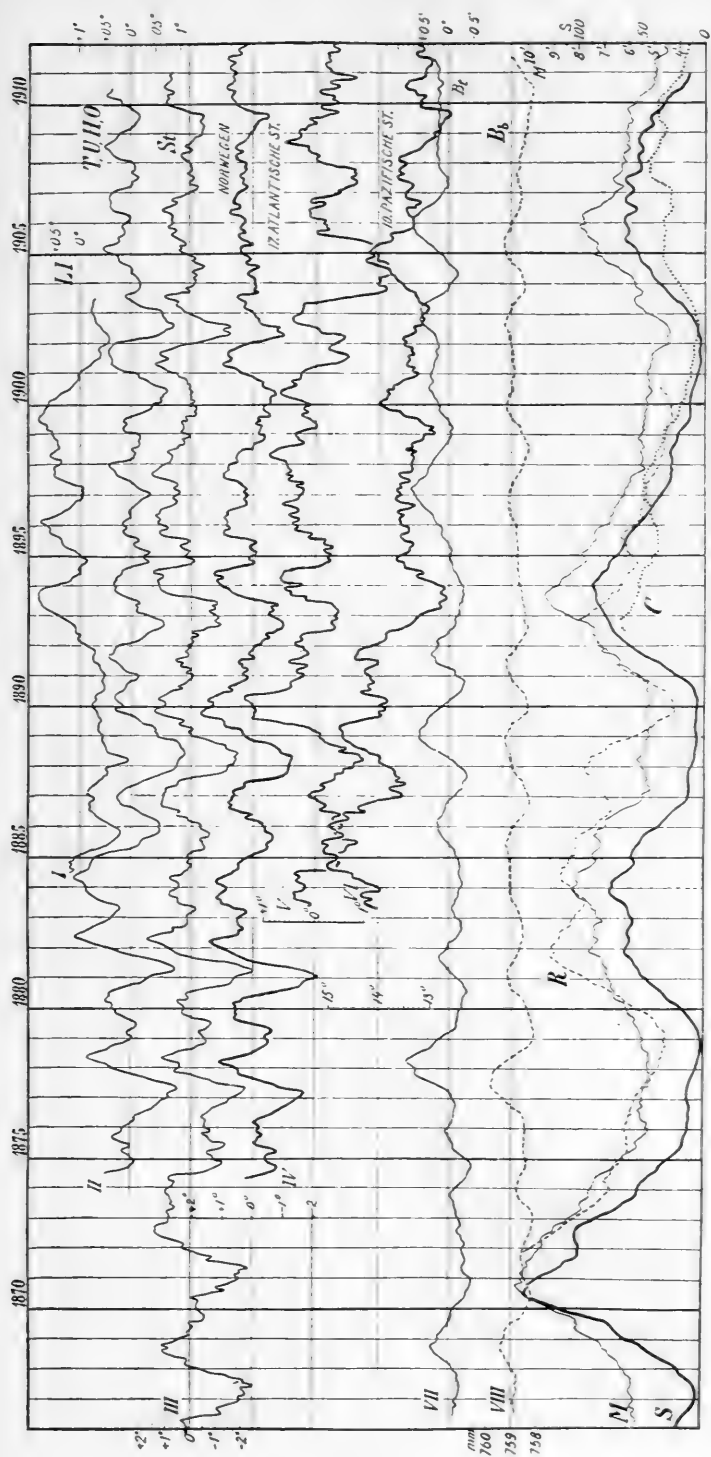


Fig. 75. Kurven für die Monatsmittel der *Temperatur-Anomalien* (in fortlaufender 12-monatlicher Ausgleichung). *I*: an Liepes Station I (Oberfläche, vor dem Englischen Kanal); *II*: an den vier norwegischen Leuchttürmen Torungen, Utsire, Hellsø, und Ona (Oberflächen-Temperatur); *III*: in Stockholm (Luft); *IV*: in ganz Norwegen (22 meteorol. Hauptstationen); *V*: in den östlichen Vereinigten Staaten (Atlantischen Staaten, Mielkes Gebiet 17); *VI*: in Pazifik-Staaten (Mielkes Gebiet 10); *VII*: in Batavia. *VIII*: Luftdruck in Batavia. *M*: 12-Monatsmittel der täglichen Deklinations-Variation in Kristiania. *R* und *C*: 12-Monatsmittel der täglichen Anzahl Protuberanzen nach Beobachtungen in Kom (*R*) und Catania (*C*). *S*: Ausgeglichenen Relativzahlen der Sonnenflecken (nach Wolfer). Alle Kurven stellen die fortlaufenden 12-monatlich ausgeglichenen Mittelwerte dar.

Zeitraum 1900—1909, dagegen aber nicht für den Zeitraum 1880—1889 (vgl. Fig. 71, *VIII a* und *b*). Außer diesen Arctowskischen Kurven für die erwähnten Zeiträume haben wir nicht Gelegenheit gehabt, die Temperaturverhältnisse in Bombay durch eine ähnliche zwölfmonatliche Ausgleichung zu studieren, wie wir es für Batavia getan haben. Um einen Vergleich für die früheren Jahre zwischen den Temperatur-Schwankungen in Bombay und in Batavia anstellen zu können, haben wir uns deshalb vorläufig darauf beschränken müssen, die Jahresmittel für die Temperatur zu benutzen, die man in Mielkes Tabellen veröffentlicht findet, und haben sie dazu benutzt, die Kurve IV in Fig. 91 darzustellen. Hieraus wird man sehen, daß die zwei Temperatur-Kurven III und IV gegenseitig einen umgekehrten Verlauf nach 1897, dagegen denselben Verlauf vor dieser Zeit zeigen.

Also der Gegensatz zwischen dem Batavia- und dem Bombay-Typus gilt nur für die letzte Jahresreihe nach 1897 und nicht für die früheren Jahre; ein etwas ähnliches Verhältnis, wie es zwischen den Kurven für Batavia und den Pazifik-Staaten war. Es ist deshalb möglich, daß dasselbe für die Temperatur-Schwankungen an mehreren anderen Stationen zutrifft, wo die Kurven für den letzten Zeitraum nach 1900 den umgekehrten Verlauf aufweisen. Es liegt deshalb der Schluß nahe, daß eine bestimmte Station nicht immer demselben Klimagebiet oder Aktionsgebiet angehört, da ja die Grenzen für die letzteren sich verschieben können, und zwar oft während einer längeren Reihe von Jahren, und dadurch für diese Jahresreihe eine Inversion der Schwankungen an der bestimmten Stelle hervorrufen. Dies geschieht, wie auch Hildebrandsson richtig betont hat, immer an Stellen, die im Grenzgebiet zwischen zwei Aktions-sphären liegen, wie z. B. in Mitteleuropa oder im inneren Amerika. Aber die Grenzverschiebungen können offensichtlich zu Zeiten so groß sein, daß sie bis zu Stellen hingelangen, die sonst einen sehr ausgeprägten Typencharakter haben.

Schwankungen in verschiedenen meteorologischen Elementen.

Bevor wir in unserer Betrachtung über die Temperatur und ihre Schwankungen fortfahren, wollen wir mit einigen wenigen Worten die Schwankungen in den anderen meteorologischen Elementen besprechen, wie diese aus unseren Untersuchungen hervorgehen, und wie sie auf Fig. 71 dargestellt sind.

Für den *Niederschlag* haben wir außer für Batavia die zwölfmonatlichen fortlaufend ausgeglichenen Werte nur für Antananarivo auf Madagaskar und für Fort de France in Westindien (Kurven *P*) berechnet. Was Antananarivo anlangt, so besteht hier keine ausgeprägte Übereinstimmung zwischen

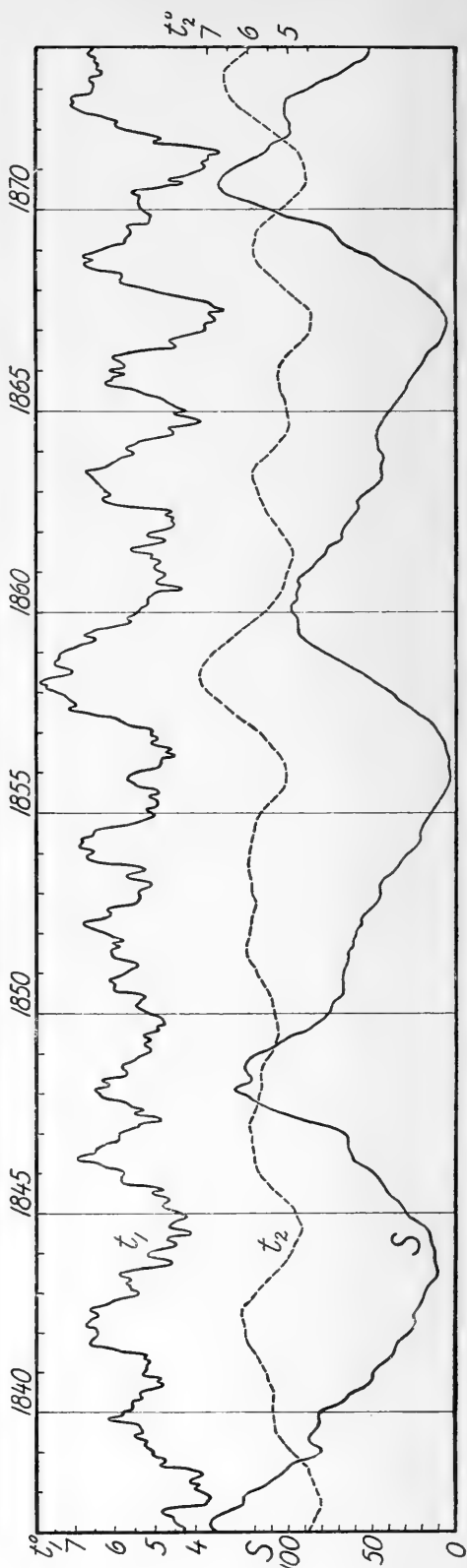
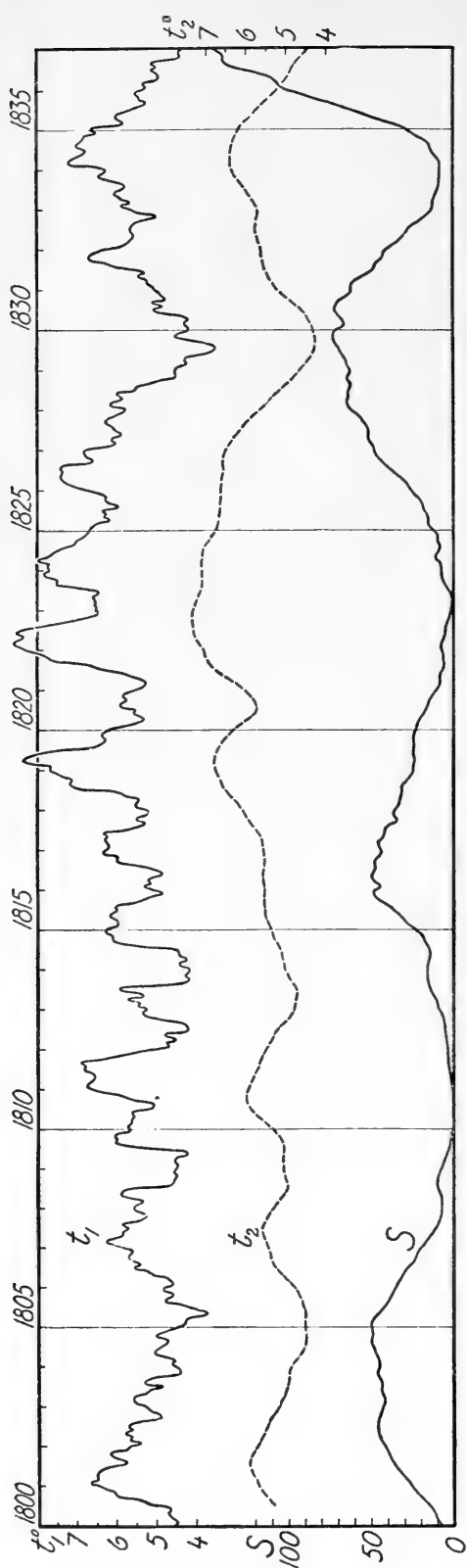
Schwankungen in der Lufttemperatur und den Schwankungen im Niederschlag. Die letzteren scheinen meistens in umgekehrter Richtung zu den Schwankungen im Luftdruck zu verlaufen¹. In Fort de France ist auch keine deutliche Übereinstimmung zwischen den Schwankungen im Niederschlag und den Schwankungen in der Temperatur erkennbar, während dagegen die Kurve für den Niederschlag ziemlich gut der Kurve für den Luftdruck folgt.

Was die *Bewölkung* anlangt, so haben wir nur die zwölfmonatlichen fortlaufenden Mittelwerte (Fig. 71, IV N) für Antananarivo (außer denen für Batavia, Fig. 68) ausgerechnet. Es zeigt sich dabei, daß die Bewölkung eine gewisse Neigung hat umgekehrt wie die Temperatur zu schwanken. Die Skala für die Bewölkung ist auf der Figur mit ansteigenden Werten abwärts gezeichnet. Wir finden m. a. W. dasselbe Verhältnis, das wir für Batavia fanden, aber weniger ausgeprägt.

Was Batavia anbetrifft, so fanden wir eine vollständige Übereinstimmung zwischen den Schwankungen in der täglichen *Temperatur-Amplitude* und den Schwankungen in anderen meteorologischen Elementen. Eine ähnliche Untersuchung mit zwölfmonatlicher fortlaufender Ausgleichung haben wir für unsere anderen Tropenstationen vorgenommen, und das Ergebnis ist in den Kurven *T-A* in Fig. 71 dargestellt. Durchgängig besteht hier keine ausgeprägte Übereinstimmung zwischen diesen Kurven und den Temperatur-Kurven. An einzelnen Stationen, besonders Port au Prince und teilweise auch Mauritius, ist eine Übereinstimmung mit den Kurven für den Luftdruck vorhanden.

Wir werden jetzt die Schwankungen *im Luftdruck* etwas genauer an der Hand der Kurven in Fig. 71 besprechen. Wie wir schon erwähnt haben, zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Schwankungen im Luftdruck und der Temperatur in Batavia, jedoch in der Weise, daß die Luftdruck-Schwankungen etwas früher einzutreten scheinen, als die Schwankungen in der Temperatur. Aus Fig. 71 sehen wir nun, daß eine vollkommene Übereinstimmung zwischen den Luftdruck-Schwankungen in Batavia und in Wellington besteht. Eine ähnliche Übereinstimmung mit Batavia finden wir auch im großen ganzen in der Luftdruck-Kurve für Mauritius, aber doch nicht durchgängig, da für die letzten Jahre — nach 1902 — der Verlauf eher umgekehrt ist, oder auch eine sehr große Phasenverschiebung besteht. Der Luftdruck in Antananarivo zeigt vollständig dieselben Schwankungen wie auf Mauritius. Für die beiden letztgenannten Stationen ist im Verhältnis zu Batavia eine so große Phasenverschiebung

¹ Beachte die Kurven des Niederschlags (*P*) sind umgekehrt gezeichnet.



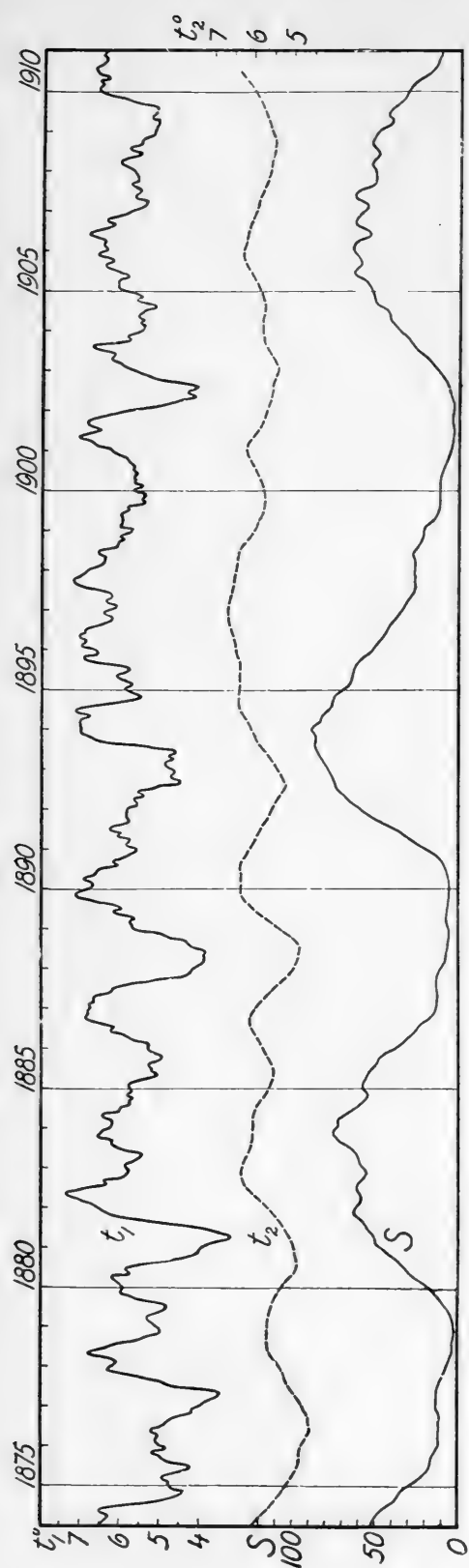


Fig. 76 und 77. Kurven für die Luft-Temperatur in Stockholm. t_1 : Werte nach fortlaufender 12-monatlicher Ausgleichung. t_2 : nach fortlaufender 12- und 24-monatlicher Ausgleichung. S : Kurve für die ausgeglichenen Relativzahlen der Sonnenflecken (nach Wolfer).

vorhanden, namentlich was den Luftdruck anlangt, daß die Luftdruck-Kurven für diese Stationen meistens in umgekehrter Richtung zu den Kurven für die Temperatur verlaufen. Daß die Luftdruck-Schwankungen einige Monate früher auf Madagaskar und Mauritius eintreten als an den Stationen in Indien und auf Java, stimmt ja auch gerade mit Chambers' Ergebnissen (siehe oben S. 162).

Gehen wir nunmehr zu den beiden Stationen in Westindien über, so finden wir wenig ausgeprägte Schwankungen im Luftdruck und geringe oder gar keine Übereinstimmung mit den Luftdruck-Schwankungen an den vier Tropenstationen auf der östlichen Halbkugel. Die Luftdruck-Kurven für diese westindischen Stationen zeigen auch wenig Übereinstimmung mit den Temperatur-Kurven für dieselben Stationen; falls überhaupt ein Zusammenhang besteht, verlaufen sie in umgekehrter Richtung.

Die Luftdruck-Schwankungen an drei Stationen in je einem der amerikanischen Gebiete sind in Fig. 74 dargestellt. Sie zeigen geringe Ähnlichkeit mit unseren tropischen Luftdruck-Kurven und im großen ganzen wenig ausgeprägte Schwankungen. Am meisten Ähnlichkeit zeigt die Kurve für Galveston mit den beiden Kurven für Westindien, wie auch zu erwarten war. Man wird auch sehen, daß ein gewisser Grad von Übereinstimmung zwischen den Luftdruck-Schwankungen in Galveston und in Washington besteht. Die Luftdruck-Schwankungen an diesen amerikanischen Stationen scheinen meistens den umgekehrten Verlauf zu den Temperatur-Schwankungen in den entsprechenden Gebieten zu nehmen. In der Zeit von 1888 bis 1902 zeigt die Luftdruck-Kurve für Washington denselben Verlauf wie die Temperaturkurve für dieses Gebiet im großen ganzen.

Die Luft-Temperatur in Stockholm.

Wie früher erwähnt (S. 154) hat Wallén für die Luft-Temperatur in Stockholm mehrere Perioden von kurzer Dauer gefunden, u. a. eine von ungefähr 2 Jahren oder 26 Monaten — außer längeren Perioden von 11 Jahren und 33 Jahren (und sogar von 110 Jahren). Die Elfhjurs-Periode fand er in zwei Teile geteilt mit 2 Maxima und 2 Minima.

Auf Fig. 76 und 77 haben wir einen Vergleich der Schwankungen in der Luft-Temperatur in Stockholm und der Sonnenflecken-Schwankungen angestellt. Die oberste Kurve, bezeichnet mit t_1 , zeigt die Temperatur-Schwankungen, wie sie sich nach einer fortlaufenden Ausgleichung von 12 Monaten zu erkennen gibt. Die zweite Kurve darunter, bezeichnet mit t_2 , zeigt die Temperatur-Schwankungen nach einer fortgesetzten Ausgleichung von 24 Monaten. Zuunterst findet man dann die Sonnenflecken-Kurve mit ansteigenden Werten aufwärts angegeben. In der t_1 -Kurve

kommen die zweijährigen Schwankungen mit einem wesentlichen Teil ihrer Amplitude vor. Vergleicht man diese Kurve mit der weiter ausgeglichenen Kurve, wo die Zweijahrs-Periode gänzlich eliminiert ist, so findet man, daß eine ganze Menge der kurzen Schwankungen verschwunden sind, und in einzelnen Fällen kann man ganz deutlich sehen, wie stark die Zweijahrs-Periode sich geltend gemacht hat. Wir können insofern auf die Schwankungen in der Jahresreihe von 1810 bis 1820 aufmerksam machen, oder in der Zeit von 1846—1856, oder ferner noch auf die Verhältnisse in der Mitte und am Ende der neunziger Jahre.

In Bezug auf die länger dauernden Schwankungen wollen wir besonders die t_2 -Kurve betrachten. In mehreren Fällen sieht man ausgeprägte Temperatur-Minima in dieser Kurve zu den Zeiten, wo die Sonnenflecken-Minima auftreten, wie z. B. in den Jahren 1844, 1855 und 1867. Indessen ist das Sonnenflecken-Minimum oft langgestreckt, d. h. die Biegung in der Kurve, die an der Stelle des Minimums vorkommt, ist nicht besonders ausgeprägt und nicht so scharf, wie in anderen Fällen. Bei diesen langgestreckten Minima findet man das Temperatur-Minimum nicht über dem niedrigsten Punkt der Kurve, sondern an der Übergangsstelle von der Schrägung der Kurve, zu dem langen Minimum. Dies ist z. B. der Fall im Jahre 1808, 1820, 1876, 1888, und 1899. Das Temperatur-Maximum, das auf ein solches Temperatur-Minimum folgt, wird in diesen Fällen bereits, während die Sonnenflecken noch niedrige, fast Minimums-Werte haben, auftreten. In den anderen Fällen — wo also das Sonnenflecken-Minimum ausgeprägter ist und sich auf einen kürzeren Zeitraum erstreckt — wird man ein Temperatur-Maximum während des Steigens der Sonnenflecken-Zahl zwischen dem Minimum und Maximum der Sonnenflecken finden. Dieses Verhältnis ist ausgeprägt in den Jahren 1846, 1858 und 1868—69, und außerdem in noch ein paar Fällen. Einigermassen nahe des Zeitpunkts für Sonnenflecken-Maximum findet man dann ein neues Temperatur-Minimum, und zwar tatsächlich in allen Fällen in der Jahresreihe, die wir hier untersucht haben, d. h. von 1800 bis 1910. In einzelnen Fällen fällt das Temperatur-Minimum und das Sonnenflecken-Maximum sehr nahe zusammen, wie im Jahre 1805, 1837 und 1870. In anderen Fällen fällt das Temperatur-Minimum etwas nach dem Sonnenflecken-Maximum, so z. B. in den Jahren 1860—61, und wieder in anderen Fällen kommt das Temperatur-Minimum etwas vor dem Sonnenflecken-Maximum, z. B. im Jahre 1892. Für die Lufttemperatur in Stockholm finden wir m. a. W. eine Zweiteilung der Sonnenflecken-Periode, mit einem Temperatur-Minimum sowohl in der Nähe des Sonnenflecken-Maximums wie auch in der Nähe des Sonnenflecken-Minimums. Wir haben wieder-

holt schon früher eine ähnliche Zweiteilung der Sonnenflecken-Periode erwähnt, aber sie hatte sich da teils in der Weise geltend gemacht, daß das Temperatur-Maximum in der Nähe des Sonnenflecken-Minimums sowohl wie des Sonnenflecken-Maximums gefallen war, wie es z. B. der Fall für die Temperatur in Rußland nach Mielke-Köppens Tabellen war, was oben besprochen wurde.

Schwankungen in der Luft-Temperatur in Stockholm und in der Wasser-Temperatur an der norwegischen Küste.

Bevor wir jetzt weiter gehen, möchten wir erst noch ein Mal auf Fig. 53 hinweisen, die eine Darstellung der Temperatur-Schwankungen in Stockholm sowie an den erwähnten norwegischen Leuchtuern gibt. Wir haben bereits erwähnt, wie die kurzweiligen Temperatur-Schwankungen längs der norwegischen Küste und in Stockholm sogar in vielen Einzelheiten zusammenfallen. Aus den B-Kurven auf Fig. 53 sieht man, daß auch die Schwankungen von mehr als einem Jahre ausgezeichnet zusammenpassen. Aus den C-Kurven auf dieser Figur, die die Temperatur-Schwankungen darstellen, nachdem die Monatsmittel für die Temperatur durch fortlaufende 24-Monats-Mittel ausgeglichen sind (mit Hilfe der ersten Ausgleichung von 12 Monaten), wird man ersehen, daß auch die Schwankungen, die eine längere Periode haben, besonders gut zusammenpassen, m. a. W. nicht nur die kurzen Temperatur-Schwankungen, sondern auch die Schwankungen, welche eine lange Periode haben, sind für das Küstenwasser längs der norwegischen Küste wie für die Luft-Temperatur über Skandinavien gemeinsam. Es besteht jedoch durchgehends eine Verschiebung in der Weise, daß die Temperatur-Schwankungen in Stockholm etwas früher eintreffen, als die entsprechenden Schwankungen an der norwegischen Küste, und das gilt nicht nur für die früher erwähnten kurzweiligen Schwankungen, sondern überhaupt für alle Schwankungen, auch für die mit einer langen Periode. Selbst wenn die Schwankungen die sich in den beiden C-Kurven zu erkennen geben, demnach gleichartig sind, so verlaufen trotzdem die beiden Kurven nicht völlig parallel, sondern sind etwas verschoben, so daß in einzelnen Fällen der Abstand zwischen den Kurven etwas größer als in anderen Fällen ist. In den Jahren von 1875 bis 1885 war das Küstenwasser an der norwegischen Küste bedeutend wärmer, als man nach der Temperatur in Stockholm hätte erwarten sollen. In den folgenden 20 Jahren waren die Küstenwasser-Temperaturen verhältnismäßig niedriger als die Temperatur in Stockholm. Es ist möglich, daß hier periodische Schwankungen von langer Dauer hereinspielen, die verschiedene Wirkung auf die Küsten-

wasser-Temperatur und die Luft-Temperatur haben. Aber die Schwankungen, die eine Periode von nicht sehr vielen Jahren haben, sind also gleichartig. Eine gewisse Übereinstimmung läßt sich zwischen diesen C-Kurven und der Sonnenflecken-Kurve zwar erkennen, aber die elfjährige Periode in den C-Kurven zeigt die Neigung zu einer Aufteilung in mehrere, drei bis vier, kürzere Perioden.

XII. Das Verhältnis zwischen den meteorologischen Schwankungen und den Schwankungen der Sonnentätigkeit.

Gefundene Perioden in den meteorologischen Schwankungen.

Das Ergebnis der meteorologischen Untersuchungen, die wir soeben, besprochen haben, zeigt denn auch, daß teilweise sehr große Übereinstimmung zwischen Stationen, die weit von einander entfernt und in sehr verschiedenen Gebieten der Erde liegen, bestehen. Wir haben dabei wesentlich die Schwankungen nach Kurven erörtert, die auf Grund einer zwölfmonatlichen Ausgleichung gezeichnet sind. Diese Kurven zeigen wesentlich die geringjährigen Schwankungen, die teilweise die längere Elfjahrs-Periode überdecken. Wir erhielten dabei eine gute Bestätigung der Hildebrandssonschen Auffassung von den meteorologischen Schwankungen und ihrer Gruppierung in verschiedene Aktionssphären.

Diese Schwankungen in den meteorologischen Elementen, die wir aus den verschiedenen Gebieten der Erde studiert haben, scheinen zu einem wesentlichen Teil periodisch zu sein. Namentlich scheint eine Periode von ungefähr 2 bis 3 Jahren in diesen Kurven am augenfälligsten zu sein. Eine entsprechende Periode finden wir zum Teil in den Kurven für Sonnenflecken (siehe später Fig. 95) und für Protuberanzen wieder, sowie für die Störungen in den magnetischen Elementen.

Durch geeignete Mittelzahlen-Bildungen für längere Jahresreihen haben wir, wie auch Köppen und Andere, meteorologische Schwankungen von ungefähr 11 Jahren und von $5\frac{1}{2}$ Jahren gefunden. Mit anderen Worten — wie wir bereits erwähnt haben — scheinen also periodische Schwankungen in den meteorologischen Verhältnissen von $\frac{1}{4}$ (oder auch teilweise $\frac{1}{3}$), $\frac{1}{2}$, und einer ganzen Sonnenflecken-Periode auf der Erde sehr verbreitet zu sein.

Man kann deshalb nicht von der Tatsache wegkommen, daß diese Perioden, die in einem nahen Verhältnis zur Sonnentätigkeit stehen müssen, großen Einfluß auf die Verhältnisse in der Atmosphäre der Erde ausüben.

Die Luftdruck-Schwankungen und die Schwankungen in der Sonnentätigkeit. Widerspruch früherer Verfasser.

Wie oben erwähnt (Seite 165), scheint ein auffallender Widerspruch in den Ergebnissen der früheren Forscher mit Bezug auf die periodischen Luftdruck-Schwankungen in den verschiedenen Gebieten der Erde zu bestehen: Auf der einen Seite fanden Chambers, Broun, Hill, Blanford und Andere, daß die Luftdruck-Schwankungen z. B. in dem indo-malayischen Gebiet eine elfjährige Periode hatten, während welcher der Luftdruck umgekehrt zu den Sonnenflecken wechselte, während die Schwankungen in derselben Richtung wie diese in Westsibirien, in Rußland usw. verliefen. Auf der andern Seite fanden die beiden Lockyer eine dreijährige (oder 3.7 jährige) Periode in den Luftdruck-Schwankungen in Bombay, und in dem indo-malayischen Gebiet, wo indessen der Luftdruck direkt wie die Protuberanzen schwankten. Mit anderen Worten, die Luftdruck-Schwankungen sollten in den kurzen Perioden sich zu den Schwankungen in der Sonnentätigkeit umgekehrt verhalten, als sie es in der langen Periode von 11 Jahren tun.

Sehen wir uns die Sache indessen näher an, so zeigen schon — wie früher erwähnt (S. 164) — die von den beiden Lockyern veröffentlichten Kurven [1902, S. 501], daß die Übereinstimmung zwischen den Schwankungen der Protuberanzen und den Luftdruck-Schwankungen nicht so völlig ist, wie man nach ihrer Darstellung sollte erwarten können. Im Zeitraum 1880—90, den die beiden Lockyer untersucht haben, zeigen die Beobachtungen am Osservatorio del Collegio Romano 3 sehr ausgeprägte Perioden in den Protuberanzen im Laufe der elfjährigen Sonnenflecken-Periode, und in diesem Zeitraum zeigen auch die Luftdruck-Schwankungen in Bombay entsprechende Perioden. Aber in der Zeit nach 1890 zeigen schon die eignen Kurven der beiden Lockyer, daß der Luftdruck in Bombay eher umgekehrt wie die Protuberanzen geschwankt zu haben scheint. Dasselbe geht auch aus unsrer Fig. 71 hervor, wo Kurve *VIII B* die Luftdruck-Schwankungen in Bombay angibt, und die Kurven *R* und *PC* die Schwankungen in den Protuberanzen darstellen (*R* nach den Beobachtungen am Osservatorio del Collegio Romano und *PC* nach Beobachtungen in Palermo und Catania, siehe Tabelle 20 S)¹. Während die römische

¹ In „Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani“ haben die italienischen Astronomen Tacchini, Riccò und zum Teil auch Mascari Berichte über Beobachtungen der Sonnen-Protuberanzen an den Sternwarten zu Rom, Palermo und Catania für die Jahre von 1871 bis jetzt veröffentlicht; aber die Beobachtungen erstrecken sich über ungleiche Jahre für die verschiedenen Sternwarten. Für Rom liegen Mitteilungen für die Jahre von 1871 bis 1900 fortlaufend vor, für Palermo von 1878 bis 1893 und für

Protuberanzen-Kurve Maxima in den Jahren 1884 und 1887–88 zeigt, die mit entsprechenden Maxima des Luftdrucks in Bombay zusammenfallen, so zeigen beide Protuberanzen-Kurven ein Maximum im Jahre 1892, das mit einem Minimum des Luftdrucks in Bombay zusammenfällt.

Die sizilianische Protuberanzen-Kurve zeigt auch ein sekundäres Maximum im Jahre 1897, das mit einem Minimum im Luftdruck in Bombay zusammenfällt. Dagegen zeigt sie ein Maximum von Protuberanzen in den Jahren 1904–05, das mit einem Maximum im Luftdruck in Bombay zusammenfällt. Wie man sehen wird, stimmen die beiden Kurven für Protuberanzen gegenseitig nicht vollständig überein. Sie sind offenbar teilweise von den individuellen Verschiedenheiten in den Beobachtungen abhängig. Ferner gibt es lange Zeiten, wo die Protuberanzen-Kurven sehr unbedeutende Schwankungen aufweisen, während gleichzeitig große Schwankungen in den meteorologischen Verhältnissen auf der Erde bestehen können.

Für die Sonnenflecken hat man bekanntlich bei früheren Untersuchungen keine ausgeprägte Perioden von mehreren Monaten oder von wenigen Jahren wie bei den Protuberanzen gefunden. Wie später besprochen wird können doch durch eine geeignete Analyse solche Perioden zum Vorschein gebracht werden. Es ist doch möglich, daß die Sonnenfackeln oder die Calcium Flocculi einen noch besseren Ausdruck für die kurzen Perioden

Catania schließlich für alle Jahre nach 1892. Nach diesen Berichten haben wir ein Verzeichnis über die Anzahl der beobachteten Protuberanzen pro Beobachtungstag für jeden Monat und für jede Sternwarte für sich zusammengestellt. Es zeigte sich indessen, daß ein beträchtlicher Unterschied zwischen den Beobachtungen an den verschiedenen Sternwarten bestand, insofern als z. B. die Beobachtungen in Rom in der Regel eine bedeutend größere Anzahl von Protuberanzen pro Tag ergaben, als die Beobachtungen aus Palermo und Catania, und sie gaben auch ausgeprägtere Schwankungen in den geringjährigen Perioden, wie man aus den Kurven (z. B. Fig. 68, Kurve R) ersehen wird.

Die Werte für die beobachtete Anzahl von Protuberanzen pro Beobachtungstag haben wir durch fortlaufende 12-Monats-Mittel in der gewöhnlichen Weise ausgeglichen, und die so gefundenen Werte sind in unseren Kurven dargestellt, z. B. auf Fig. 68, wo die Kurve R die Protuberanzen-Anzahl für die Beobachtungen vom Osservatorio del Collegio Romano, die Kurve P für die Beobachtungen in Palermo und die Kurve C für die Beobachtungen in Catania angeben. In Fig. 71, 74 und 75 haben wir auch einige dieser Kurven wiedergegeben, R für die Beobachtungen aus Rom, P. C. für die Beobachtungen in Palermo und Catania zusammengestellt, und die Kurven C für die Beobachtungen ausschließlich in Catania.

Bigelow [1908] hat ebenfalls eine Liste über Protuberanzen für jeden Monat in den Jahren 1872–1905 veröffentlicht, aber dieses Verzeichnis konnten wir nicht benutzen, da es sich zeigte, daß er bloß die Anzahl von Protuberanzen angeführt hat, die in jedem Monat beobachtet worden waren, ohne Berücksichtigung der Anzahl von Beobachtungstagen, so daß Monate mit wenigen Beobachtungstagen wenige Protuberanzen ergeben werden, selbst wenn zu der Zeit die Protuberanzen besonders häufig waren.

in den Schwankungen der Sonnentätigkeit darstellen würden; aber wir haben noch keine Gelegenheit gehabt, diese einer näheren Untersuchung zu unterziehen. Dagegen ist es eine bekannte Sache, daß die Schwankungen in den magnetischen Kräften auf der Erde in einem sehr nahen Verhältnis zu den Schwankungen in der Sonnentätigkeit stehen; deshalb liegt die Möglichkeit vor, daß sie als ein Maß für diese dienen können.

In der Kurve M auf Fig. 71 haben wir die Schwankungen in dem Störungsgrad (gemessen nach der Anzahl der unruhigen Stunden) der drei magnetischen Elemente (der Deklination, Horizontal-Intensität und Vertikal-Intensität) in Potsdam dargestellt. Der Störungsgrad der Elemente ist in Charakter-Zahlen nach Eschenhagens System (Skala rechts) ausgedrückt. Man sieht, daß die Kurve Maxima in den Jahren 1892, 1894, 1903—04 und 1907 aufweist, wo die Kurve für den Luftdruck in Bombay Minima zeigt, während in den Jahren 1890—91, 1893, 1895 und 1901 der Störungsgrad der magnetischen Elemente niedrig war, wenn der Luftdruck in Bombay entweder Maxima hatte oder doch jedenfalls verhältnismäßig hoch war. Im Jahr 1897 und 1898—99 hatten dagegen beide Kurven gleichzeitig Minimum oder Maximum. Wie man hieraus ersieht, ist also die Übereinstimmung zwischen den beiden Kurven nicht vollständig, gleichgültig ob man sie direkt oder umgekehrt nimmt.

Gehen wir nunmehr dazu über, die Kurven für die Protuberanzen und die magnetischen Elemente in Potsdam mit den Luftdruck-Kurven für die anderen Stationen in dem indo-malayischen Gebiet zu vergleichen, die auf Fig. 71 wiedergegeben sind — nämlich Batavia, Wellington, Mauritius und Antananarivo — so finden wir hier dasselbe Verhältnis, daß nämlich die Übereinstimmung teilweise umgekehrt, teilweise direkt ist; z. B. das Maximum in Protuberanzen in den Jahren 1884 und 1885 finden wir in dem gleichzeitigen Maximum des Luftdrucks in Batavia und Wellington wieder und ebenso finden wir das Minimum in Protuberanzen in den Jahren 1889—90 in einem entsprechenden Minimum des Luftdrucks in Batavia, Wellington, Mauritius und Antananarivo wieder. Dagegen entspricht das Maximum von Protuberanzen und in der magnetischen Kurve für 1892 einem Minimum in den 4 Luftdruckkurven u. s. w. Also ein ähnlich wechselndes Verhältnis, wie wir es für die Luftdruckkurve für Bombay fanden.

Nehmen wir jetzt die Luftdruck-Schwankungen nach 1900 für Batavia und vergleichen sie mit der magnetischen Kurve für Potsdam, so sehen wir, daß während z. B. das Minimum in der magnetischen Kurve für 1901 einem kleinen sekundären Minimum in der Luftdruck-Kurve für Batavia entspricht, so entspricht das Maximum der magnetischen Kurve für 1903—04 einem

Minimum in der Luftdruck-Kurve Batavias, während in der Zeit von 1905—08 die beiden Kurven ungefähr ähnlich verlaufen. Im Jahre 1910 entspricht dagegen ein Maximum in der magnetischen Kurve einem Minimum in der Luftdruck-Kurve Batavias, und im Jahre 1911 verlaufen die beiden Kurven genau in umgekehrter Richtung. Ein Vergleich zwischen der Protuberanzen-Kurve und der Luftdruck-Kurve Batavias für denselben Zeitraum liefert ungefähr dasselbe Ergebnis, außer daß die Protuberanzen-Kurve kein Maximum in den Jahren 1903—04 (dem Minimum des Luftdrucks entsprechend) aufweist. Das Maximum der magnetischen Kurve im Jahre 1910 entspricht einem Maximum dreiviertel Jahr früher in der Protuberanzen-Kurve.

Infolge der vorerwähnten Phasenverschiebung von einigen Monaten in der Luftdruck-Kurve an den vier genannten Stationen in dem indo-malayischen Gebiet in Verhältnis zu einander, wird einiger Unterschied in der Übereinstimmung dieser Kurven — oder Mangel an Übereinstimmung — mit der magnetischen Kurve und der Protuberanzen-Kurve eintreten; aber im großen ganzen zeigen sie trotzdem dieselben Verhältnisse.

Wir sehen folglich, daß, soweit die geringjährigen Perioden in Betracht kommen, keine solche sichere Übereinstimmung zwischen den Luftdruck-Schwankungen und den Schwankungen in Protuberanzen besteht, wie von den beiden Lockyern angenommen worden war. Zu einzelnen Zeiten kann — wie wir gesehen haben — der Luftdruck direkt wie die Protuberanzen schwanken, zu anderen Zeiten schwanken sie umgekehrt wie diese. Dasselbe finden wir, wenn wir die Luftdruck-Schwankungen mit den Schwankungen im Störungsgrad der magnetischen Elemente (in Potsdam) vergleichen. In Batavia und im indo-malayischen Gebiet scheinen sie jedoch am häufigsten umgekehrt zu verlaufen.

Betrachten wir nunmehr die Luftdruck-Schwankungen an den beiden anderen Tropenstationen, die in Fig. 71 angegeben sind — nämlich Port au Prince und Fort de France — so kann man hier auch nicht von einer festen Regel für eine Übereinstimmung zwischen den *Luftdruck-Schwankungen* und der *Schwankung in den Protuberanzen* und den *magnetischen Elementen* reden. Am häufigsten scheint der Luftdruck an diesen Stationen direkt wie die Protuberanzen und magnetischen Elemente zu schwanken, teilweise mit einiger Phasenverschiebung. Dies zeigt sich besonders hervortretend bei einer Vergleichung zwischen der Kurve für den Luftdruck in Fort de France (Fig. 71, VI B) und der Kurve für den Störungsgrad der magnetischen Elemente in Potsdam (Kurve M).

Das Verhältnis zwischen den Temperatur-Schwankungen und den Schwankungen in der Sonnentätigkeit.

Sehen wir uns jetzt die Schwankungen in der Temperatur an diesen verschiedenen Tropenstationen näher an, so werden wir finden, daß infolge der früher erwähnten Verschiebung in den Luftdruck-Schwankungen im Verhältnis zu den Temperatur-Schwankungen sich diese letzteren etwas verschieden zu den Schwankungen in den Protuberanzen und den magnetischen Elementen verhalten. Aber auch hier besteht dasselbe Verhältnis, daß nämlich die Temperatur zu einzelnen Zeiten direkt wie die Kurven für die Sonnentätigkeit schwanken, zu anderen Zeiten wieder umgekehrt wie diese. Dies ist vielleicht bei den Temperatur-Schwankungen noch schlagender. Nimmt man z. B. die Temperatur-Kurve für Antananarivo (Fig. 71, *IV T*), so zeigt diese für die Zeit 1887—96 eine auffallende direkte Übereinstimmung mit den Kurven für Protuberanzen und für die magnetischen Elemente in Potsdam; aber vom Jahre 1897 bis 1904 verläuft die Temperatur-Kurve für Antananarivo umgekehrt besonders wie die magnetische Kurve. Dann nach 1905 gehen die zwei Kurven wieder einige Jahre gleichartig, bis sie wieder in 1910—11 wesentlich umgekehrt verlaufen, und ebenso verhält es sich mit den anderen Kurven. In Fig. 68 kann man die Kurven für die verschiedenen meteorologischen Elemente in Batavia, für die Jahresreihe 1860—1911, mit den Kurven für Sonnenflecken und für Protuberanzen (zuunterst) vergleichen. Wir finden hier dasselbe: während die *c*-Kurven, die durch fortlaufende 24-Monats-Mittel ausgeglichen sind, Übereinstimmung mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve zeigen (so daß die am deutlichsten ausgeprägten Maxima, z. B. von Temperatur und Luftdruck, auf ein Minimum von Sonnenflecken fallen), stimmen die geringjährigen Schwankungen in den *b*-Kurven (ausgeglichen durch fortlaufende 12-Monats-Mittel) teils direkt, teils umgekehrt mit den geringjährigen Schwankungen in den Kurven für Protuberanzen überein.

Auf Fig. 74 zuunterst sind die Kurven für die Protuberanzen und die Kurve *M* für den Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam wiedergegeben. Wir sehen, daß eine große Ähnlichkeit zwischen der letzten Kurve und der obersten Temperatur-Kurve für das Pazifik-Gebiet (in den westlichen Vereinigten Staaten) besteht, insofern als die Temperatur direkt wie der Störungsgrad der magnetischen Elemente schwankt; aber Maximum und Minimum in der letzten Kurve treten etwas vor dem Maximum und Minimum in der Temperatur-Kurve auf. Dagegen verlaufen die Schwankungen in den drei anderen Temperatur-Kurven für

die Vereinigten Staaten im großen ganzen meist umgekehrt zu den Schwankungen in den Protuberanzen und im Störungsgrad der magnetischen Elemente.

In Fig. 75 zuunterst haben wir die Kurven für Sonnenflecken (*S*), Protuberanzen (*R*, *C*) sowie für die tägliche Variation in der magnetischen Deklination in Kristiania (*M*) wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die geringjährigen Schwankungen in der Wasser-Temperatur für die Küstenstationen in Norwegen, die Luft-Temperatur in ganz Norwegen und die Luft-Temperatur in Stockholm (Kurven II—IV) teilweise direkt mit den geringjährigen Schwankungen in der Kurve für Deklinations-Variation in Kristiania übereinstimmen, daß aber die Schwankungen in der letzteren etwas vor den Schwankungen in der Temperatur eintreten (siehe z. B. die Wellenkämme in der magnetischen Kurve für 1881—82, 1883—84, 1885—86, 1893—94, 1901, 1903, 1905—06 und 1909—10). Aber es gibt auch ausgeprägte Ausnahmen, wie z. B. das Minimum in der Stockholmer Temperatur 1871, das Maximum in allen drei Temperatur-Kurven im Jahre 1878, das ausgeprägte Minimum im Jahre 1881, das Maximum 1889—90, u. s. w. In einer Reihe dieser Jahre zeigen die drei skandinavischen Kurven auch vollständige Übereinstimmung mit der amerikanischen Kurve V für das atlantische Gebiet der Vereinigten Staaten; aber nach 1898 gehen, wie bereits erwähnt, die Kurven umgekehrt zu einander. Für den letztgenannten Zeitraum zeigen, wie gesagt, die skandinavischen Kurven mehr Ähnlichkeit mit der anderen amerikanischen Kurve Nr. VI für das Pazifik-Gebiet, während diese Kurve umgekehrt zu den skandinavischen Kurven vor 1894 verläuft.

Wie früher erwähnt, hat Bigelow behauptet, daß die Temperatur in den Pazifik-Staaten umgekehrt wie die Protuberanzen in der Elfjahrs-Periode schwanken sollte, dagegen aber direkt wie diese für die geringjährige Periode von ungefähr 3 Jahren. Dies erweist sich also als nicht völlig richtig. Allerdings schwankt die Temperatur im Pazifik-Gebiet (Kurve VI) in den zwei Elfjahrs-Perioden zwischen 1878 und 1900, die Bigelow besonders untersuchte, umgekehrt wie die Protuberanzen und die Sonnenflecken, aber nach 1900 schwankt die Temperatur direkt wie diese, was ja auch schon teilweise aus einem sorgfältigen Studium von Bigelows eigener Kurve hervorgeht, die indessen bereits mit dem Jahre 1905 schließt. Bei unseren Kurven, Fig. 74 und 75, kommt ja dies besser zum Vorschein. Das Maximum im Jahre 1905 in der Temperatur-Kurve für das Pazifik-Gebiet fällt ja doch mit dem Sonnenflecken-Maximum im selben Jahre zusammen, während das Minimum einige Jahre früher mit dem Minimum in Sonnenflecken und Protuberanzen zusammenfällt. In den Jahren 1910 und 1911 war auch die Temperatur in den Pazifik-Staaten verhältnismäßig

niedrig, in der Zeit also, wo wir Sonnenflecken-Minimum und Protuberanzen-Minimum hatten. In den geringjährigen Perioden schwankt ja zwar, wie wir gesehen haben, die Temperatur teils direkt wie die Protuberanzen und der Störungsgrad in den magnetischen Elementen, aber zu anderen Zeiten auch wieder umgekehrt zu diesen in den Pazifik-Staaten.

In den mittleren Vereinigten Staaten und in den östlichen Vereinigten Staaten meinte Bigelow, wie oben erwähnt (S. 146), daß sowohl in den elfjährigen wie in den Perioden weniger Jahre die Temperatur umgekehrt und der Luftdruck direkt wie die Protuberanzen und die magnetischen Elemente schwankten. Dies ist, wie wir gesehen haben, teilweise richtig, aber es gibt auch besonders viele Ausnahmen, wo die Schwankungen umgekehrt zu dem von Bigelow behaupteten verlaufen, was übrigens schon aus seinen eigenen Kurven hervorgeht.

Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre in Batavia.

Wir haben schon hervorgehoben, daß frühere Forscher einen Unterschied zwischen Sommer und Winter in den elfjährigen periodischen Schwankungen in den meteorologischen Elementen gefunden haben. So zeigten z. B. Blanford's Kurven für den Luftdruck in Sibirien und in Rußland, daß dieser im Winter direkt wie die Sonnenflecken schwankte und umgekehrt zu den Luftdruck-Schwankungen in Indien, während sie im Sommer mit den letzteren einheitlich waren und umgekehrt zu den Sonnenflecken. Die beiden Lockyer fanden auch für verschiedene Teile der Erde, daß der Luftdruck im Verhältnis zu den Protuberanzen verschiedenartig im Sommer und im Winter schwankte.

Es wird deshalb sein großes Interesse haben, die elfjährigen Schwankungen in den meteorologischen Elementen für jeden Monat im Jahre an den verschiedenen Orten zu studieren. Auf Figur 78 haben wir in Kurven die Schwankungen in der Temperatur (t) und im Luftdruck (B) in Batavia für jeden Monat im Jahre dargestellt (die Kurven I—XII), nachdem die Werte durch fortlaufende erst Zweijahrs- dann Dreijahrs-Mittel (d. h. also nach der Formel $t = \frac{1}{6} (a + 2b + 2c + d)$) ausgeglichen sind. Die Kurven A stellen die entsprechenden Werte für Temperatur und Luftdruck für das ganze Jahr dar, und die unterste Kurve S ist die Kurve für die Relativzahlen der Sonnenflecken. Man wird sehen, daß in allen diesen Kurven eine große Ähnlichkeit besteht, und daß die Schwankungen im großen ganzen für alle Monate in derselben Richtung gehen und Übereinstimmung mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve aufweisen, wenn auch mit einigen

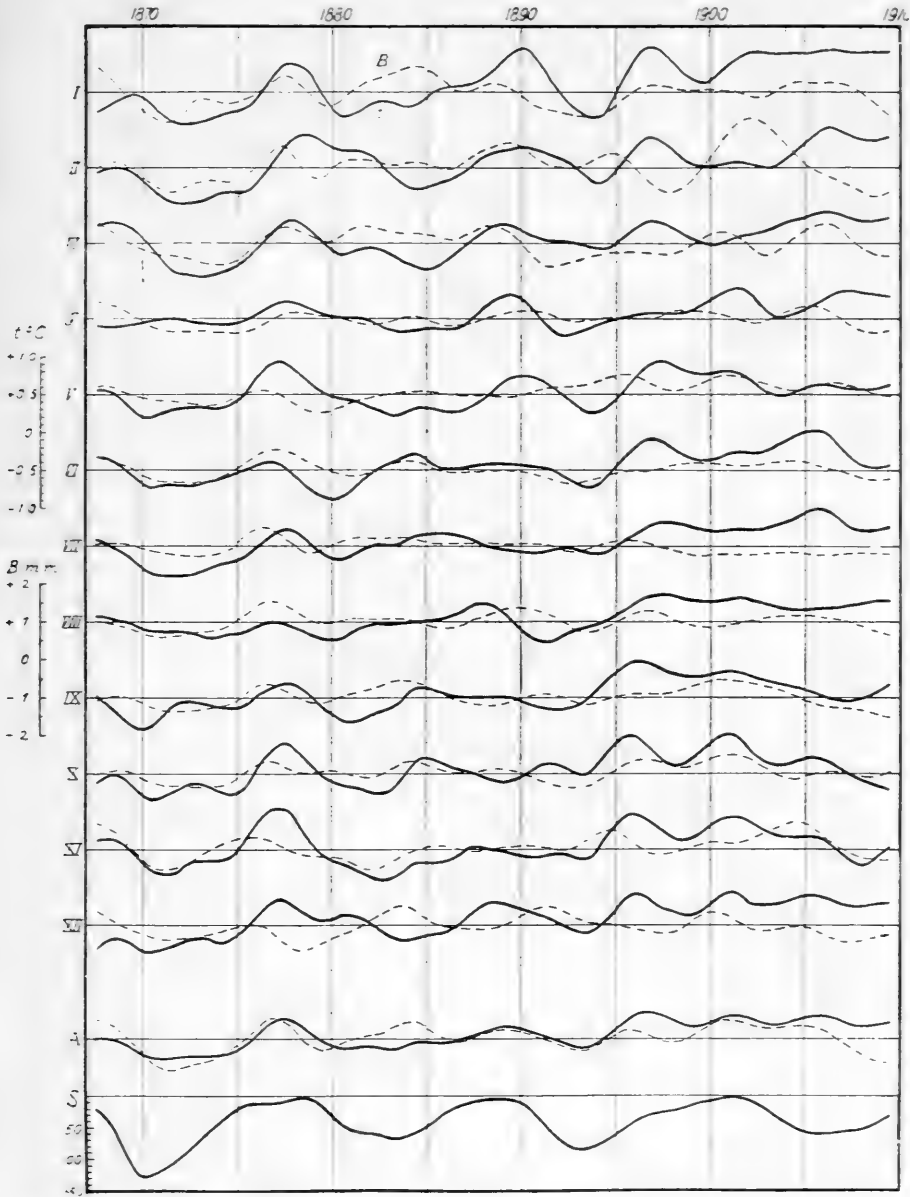


Fig. 78. Anomalien der Lufttemperatur (t) und des Luftdruckes (B) in Batavia für jeden Monat im Jahre (I—XII) und für das ganze Jahr (A) in kombinierter Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung. S : Relativzahlen der Sonnenflecken.

Unregelmäßigkeiten. Die Schwankungen sind in den Wintermonaten am meisten ausgeprägt und am wenigsten in den Sommermonaten (VI—VIII). Die Luftdruck-Kurven verlaufen im großen ganzen in ziemlich guter Übereinstimmung mit den Kurven für die Temperatur, aber mit der früher erwähnten Phasen-Verschiebung, (d. h. die Schwankungen im

Luftdruck kommen vor den Schwankungen in der Temperatur). Zu einzelnen Zeiten bestehen jedoch ziemlich große Unstimmigkeiten, so daß die Luftdruck-Kurve sogar umgekehrt zu der Temperatur-Kurve verlaufen kann, wie z. B. im Dezember und Januar und teilweise auch im Februar für die Jahre 1883—86, für Februar und März 1895—1906 u. s. w. Aber eine feste Regel läßt sich in dieser Hinsicht für die verschiedenen Monate kaum feststellen, es sei denn, daß z. B. der Luftdruck im Dezember eine Neigung hat, umgekehrt zu den Temperatur-Schwankungen zu gehen. Aber das Ergebnis für das ganze Jahr ist trotzdem, wie die Kurven *A* zeigen, eine ganz gute Übereinstimmung zwischen Schwankungen im Luftdruck und Schwankungen in der Temperatur. Und diese Kurven zeigen wieder, wie erwähnt, eine ganz gute Übereinstimmung mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve.

Wie man sehen wird, zeigen indessen alle Kurven die Neigung zu einer Zweiteilung und teilweise Dreiteilung der elfjährigen Periode, und zwar trotz der zwei- und dreijährigen fortlaufenden Ausgleichung.

Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre in Fort de France.

In Fig. 79 haben wir für die verschiedenen Monate im Jahr (I—XII) sowie für das ganze Jahr (*A*) Kurven für Temperatur (*t*) und Luftdruck (*B*) für Fort de France dargestellt, die in derselben Weise ausgeglichen sind, wie die Kurven in der vorigen Figur. Die Temperatur-Kurven zeigen, wie man sehen wird, eine sehr gute Übereinstimmung für alle Monate, sowie für das ganze Jahr, mit der umgekehrten Sonnenflecken-Kurve (*S* zuunterst auf der Figur). Aber in fast allen Monaten — besonders in den Herbst-, Winter- und Frühlingsmonaten, am wenigsten in den Monaten Juli, August und November — besteht eine ausgeprägte Neigung zu Zweiteilung der elfjährigen Sonnenflecken-Periode. Andeutung zu einer solchen Zweiteilung weist ja übrigens auch die Sonnenflecken-Kurve selbst auf; aber noch deutlicher kommt sie zum Ausdruck in der umgekehrten durch fortlaufende Dreijahrs-Mittel ausgeglichenen Kurve für den Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam (Kurve *M*).

Die Kurven für den Luftdruck in Fort de France zeigen geringere gegenseitige Übereinstimmung für die verschiedenen Monate. Im großen ganzen lassen sie meistens eine Neigung erkennen, umgekehrt zu den Temperatur-Kurven zu gehen, also mehr direkt wie die Sonnenflecken-Kurve, was sich in der Luftdruck-Kurve für das ganze Jahr (Kurve *A*) zu erkennen gibt. Das Minimum für die Luftdruck-Kurve fällt hier ungefähr in die Mitte zwischen Maximum und Minimum der Sonnenflecken. Die

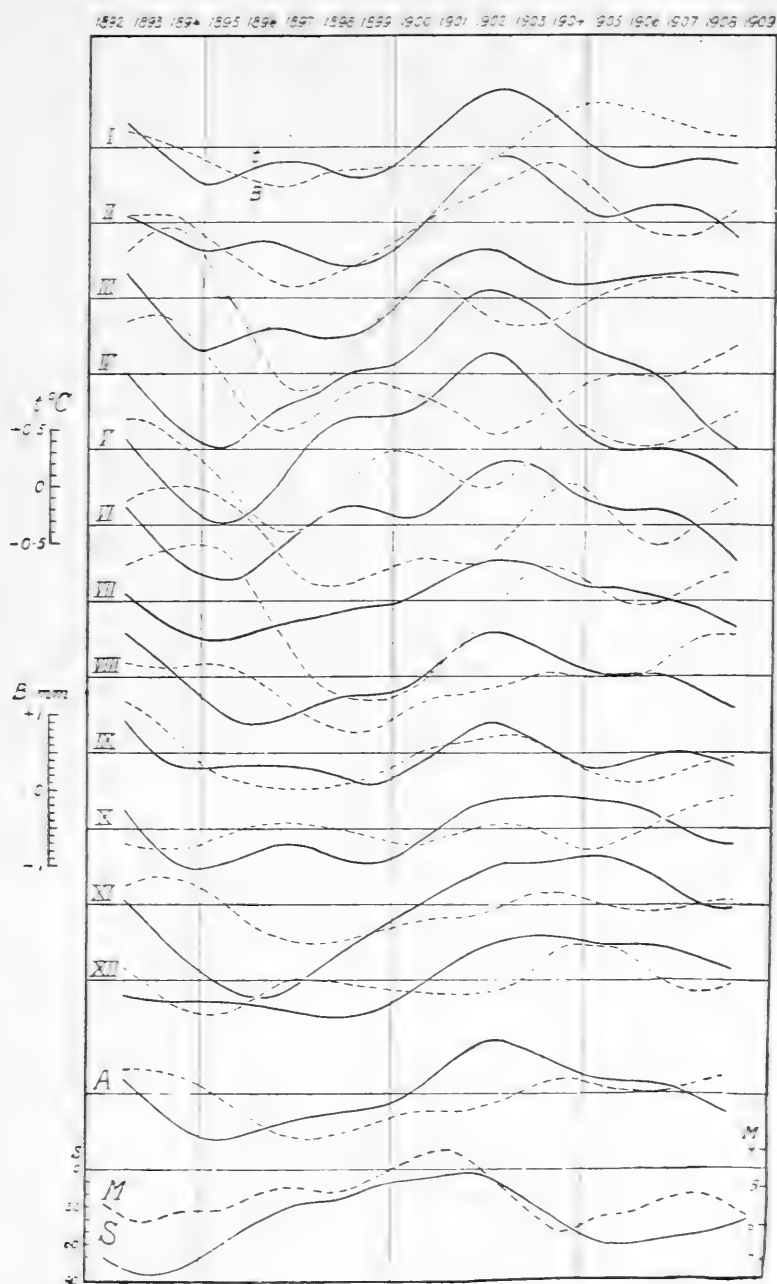


Fig. 79. Anomalien der Lufttemperatur (t) und des Luftdrucks (B) in Fort de France für jeden Monat (I—XII) und für das ganze Jahr (A) in kombinierter Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung. M : Störungsgrad der drei magnetischen Elemente in Potsdam in fortlaufender Dreijahrs-Ausgleichung (Skala rechts). S : Relativzahlen der Sonnenflecken (Skala links.)

Neigung des Luftdrucks zu umgekehrtem Verlauf zur Temperatur ist in den Sommermonaten am meisten ausgeprägt, und zwar von Juni bis mit August, während in den Wintermonaten, von November bis Februar oder März, die Schwankungen des Luftdrucks fast denselben Weg gehen wie die Temperatur-Schwankungen. Auch in den Luftdruck-Kurven zeigt sich eine Neigung zu einer Zweiteilung der elfjährigen Sonnenflecken-Periode.

Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre in Stockholm.

Als Beispiel für die Temperatur-Schwankungen der verschiedenen Monate auf höheren Breiten haben wir in Fig. 8o die Temperatur-Kurven für Stockholm für jeden Monat im Jahre (Kurve I—XII) und für das ganze Jahr (Kurve A) in kombinierter Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung.

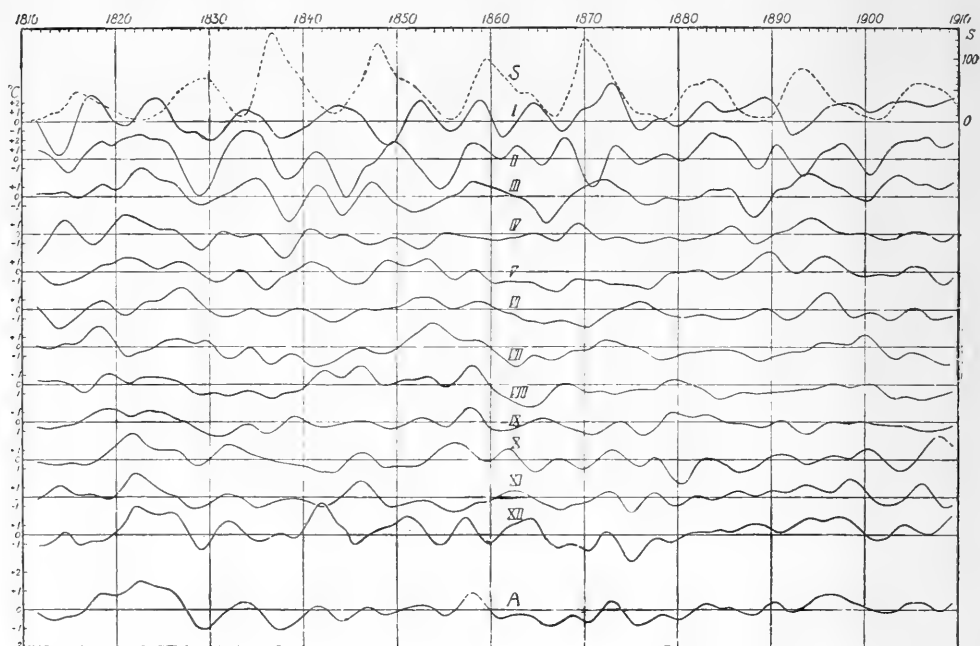


Fig. 8o. Anomalien der Lufttemperatur in Stockholm für jeden Monat (I—XII) und für das ganze Jahr (A) in kombinierter Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung. S: Relativzahlen der Sonnenflecken (Skala rechts).

Jahr (Kurve A) dargestellt. Die Temperaturwerte sind einer kombinierten Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung unterworfen worden. Zuoberst ist Kurve S für die ausgeglichenen Jahresmittel der Relativzahlen für die Sonnenflecken (nach Wolfer). Die Kurven zeigen einen bedeutenden Unterschied in den Temperatur-Schwankungen Sommer und Winter. Die Schwankungen sind am größten in den Wintermonaten, besonders Dezember, Januar und Februar, und gehen dann in großem Umfang, beson-

ders im Januar, umgekehrt zu den Schwankungen in den Sonnenflecken. Aber zu gewissen Zeiten, wie z. B. zwischen 1841 und 1853, verlaufen die Kurven für Februar und März fast umgekehrt zu der Kurve für Januar und direkt wie die Kurve für die Sonnenflecken, was zum Teil auch die Kurven für April, Mai, Juni und Juli tun. In den Jahren von ungefähr 1864 bis etwa 1875 geht die Kurve für Januar (in geringerem Grad für Dezember) teilweise direkt wie die Sonnenflecken-Kurve, während dagegen

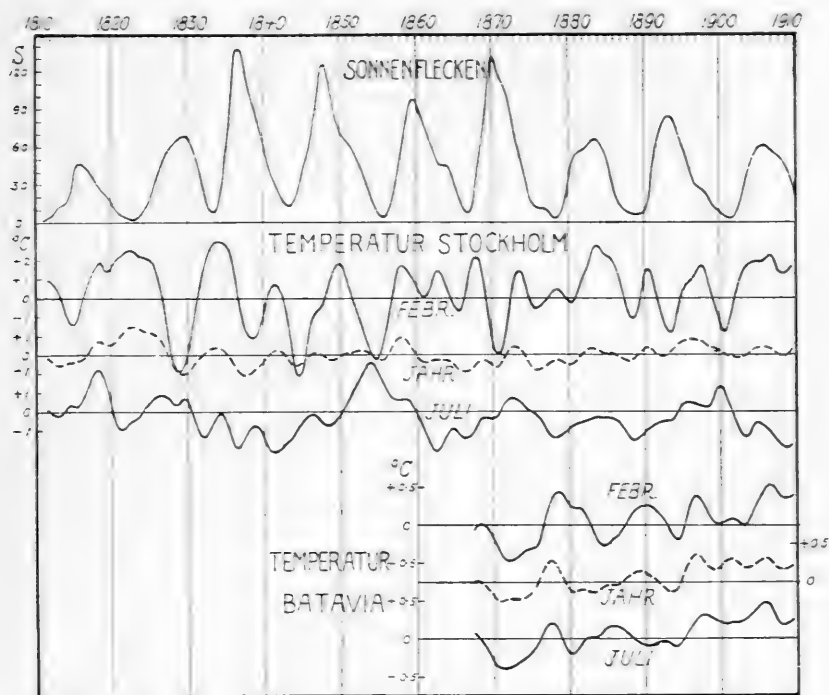


Fig. 8t. Anomalien der Lufttemperatur in *Stockholm* und *Batavia* für Februar, Juli, und das ganze Jahr in kombinierter Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung.

die Kurve für Februar, umgekehrt verläuft. In den meisten Jahren nach 1841 verläuft die Kurve für März direkt wie die Sonnenflecken-Kurve. Nach 1885 geht die Kurve für April direkt wie die Sonnenflecken-Kurve¹). Die meisten Kurven zeigen eine Neigung zu der früher erwähnten Zweiteilung der Elfjahrs-Periode.

Wir sehen also dasselbe, was wir schon öfters früher gefunden haben, daß keine feste Regel besteht, daß aber zu einzelnen Zeiten die Kurven direkt wie die Sonnenflecken-Kurve, zu anderen Zeiten umgekehrt verlaufen.

¹ Dasselbe hat, wie erwähnt (S. 157), Krogness für die Temperatur in Norwegen in späteren Jahresreihen gefunden, daß sie nämlich im Januar umgekehrt zu der „magnetischen Stürmigkeit“ in Kristiania schwankt, und im März-April sowie teilweise auch im Juli direkt wie diese.

Es sind die Kurven für die Wintermonate, die meistens der Jahreskurve ihren Charakter verleihen. Wir sehen, daß bis ungefähr 1853 diese Kurve wesentlich umgekehrt zu der Sonnenflecken-Kurve verläuft, aber nach dieser Zeit geht sie mindestens ebenso viel direkt wie die Sonnenflecken-Kurve.

In Fig. 81 haben wir die in derselben Weise (durch kombinierte Zweijahrs- und Dreijahrsmittel) fortlaufend ausgeglichenen Kurven für

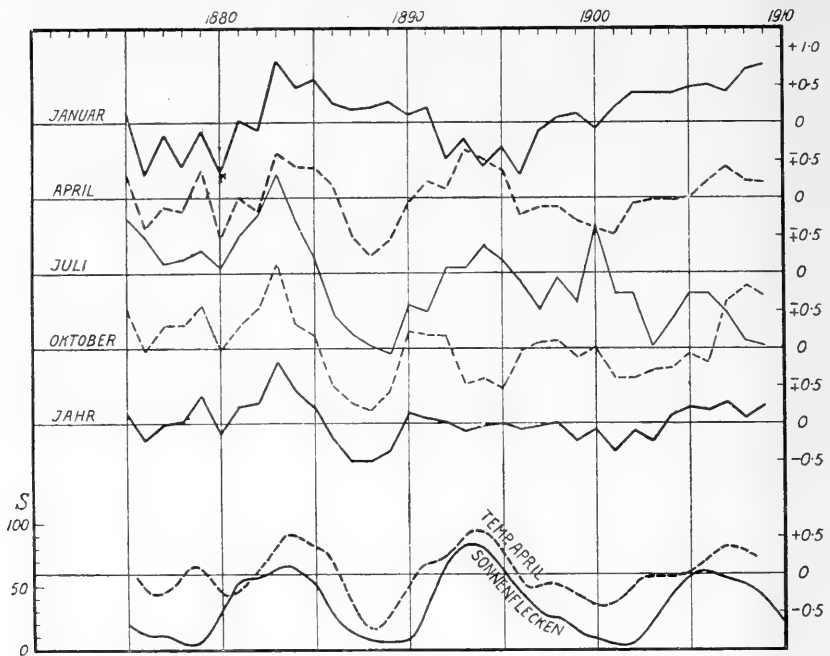


Fig. 82. Anomalien der Oberflächen-Temperaturen an den norwegischen Leuchtuern *Torungen, Utsire, Hellisö und Ona* für Januar, April, Juli, Oktober und das Jahr in fortlaufender Dreijahrs-Ausgleichung und für April (zuunterst) in kombinierter Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung.

Stockholm für Februar, für Juli und für das ganze Jahr zusammen mit der Sonnenflecken-Kurve dargestellt. Es tritt hier deutlich hervor, wie die Kurve für Juli in großem Umfang umgekehrt zu der Kurve für Februar verläuft, während diese letztere in großem Umfang umgekehrt zu der Sonnenflecken-Kurve geht, aber teilweise auch direkt wie diese. Die Kurve für Februar hat die größte Ähnlichkeit mit der Jahreskurve.

Auf derselben Figur haben wir auch die Kurven für die in derselben Weise ausgeglichenen Temperaturwerte für Batavia für Februar, Juli und das ganze Jahr. Es ist interessant zu sehen, wie diese Kurven teilweise ähnlich den Kurven für Stockholm gehen und teilweise wieder umgekehrt verlaufen. Die Februar-Kurven zeigen für die Zeit nach 1890 ganz gute

Übereinstimmung. Übrigens sind die beiden Monats-Kurven für Batavia einander bedeutend mehr ähnlich als die entsprechenden Kurven für Stockholm.

Die Temperatur-Schwankungen zu den verschiedenen Jahreszeiten im Küstenwasser Norwegens.

In Figur 82 haben wir die fortlaufenden dreijährig ausgeglichenen Temperatur-Kurven für die vier Leuchtfeuer-Stationen Torungen, Utsire, Hellisö und Ona an der norwegischen Küste dargestellt, und zwar für Januar, April, Juli, Oktober sowie für das ganze Jahr. Zuunterst auf der Figur haben wir auch die Sonnenflecken-Kurve mit steigender Skala aufwärts wiedergegeben und die Temperatur-Kurve für April für die 4 Stationen nach kombinierter Zweijahrs- und Dreijahrs-Ausgleichung. Wir sehen, daß die Kurven für die 4 Monate und für das ganze Jahr gegenseitig ziemlich gut übereinstimmen bis etwa zum Jahre 1890, aber nach dieser Zeit geht die Kurve für Januar und für Oktober in umgekehrter Richtung zu den beiden Kurven für April und Juli, und in ähnlicher Weise verhalten sich die Kurven gegenüber der Sonnenflecken-Kurve; sie verlaufen alle in derselben Richtung wie diese bis zum Jahre 1890, aber nach dieser Zeit gehen die Kurven für Oktober und Januar meistens umgekehrt zu der Sonnenflecken-Kurve. Die Kurve für Juli zeigt ebenfalls eine Unstimmigkeit durch ihr hohes Maximum im Jahre 1900. Die kombiniert zwei- und dreijährig ausgeglichene Kurve für April zeigt, wie man sehen wird, große Übereinstimmung mit der Sonnenflecken-Kurve.

Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre im inneren Asien.

Es wird selbstverständlich von großem Interesse sein, die Schwankungen der Temperatur in den verschiedenen Monaten des Jahres im Inneren des eurasischen Kontinents zu untersuchen, wo so extreme Verhältnisse mit dem hochentwickelten Luftdruck-Maximum im Winter und dem starken Luftdruck-Minimum im Sommer herrschen. Um Zeit zu sparen, haben wir bei diesen Untersuchungen uns vorläufig darauf beschränken müssen, die Reihe von Temperatur-Anomalien zu benutzen, die Abbot und Fowle für, was sie das nördliche Asien nennen, für jeden Monat im Jahre für die Zeit von 1876—1903 angegeben haben. Die gegebenen Temperaturwerte sind die Durchschnitts-Anomalien für folgende 7 Stationen: Barnaul, Irgis, Irkutsk, Kisil-Avat, Nertschinsk, Peking und Taschkent.

Leider sind diese meteorologischen Stationen nicht ideal gelegen für unsern Zweck, da sie ja verschiedenen Aktionssphären angehören. Beson-

ders muß man annehmen, daß Stationen wie Peking sehr verschiedene Schwankungen gegenüber Stationen wie Taschkent und Barnaul aufweisen, da sie auf je ihrer Seite östlich und westlich des Aktionszentrums liegen, mit Hochdruck im Winter und Tiefdruck im Sommer. In Ermangelung eines besseren Beobachtungsmaterials können sie uns jedoch vorläufig

einige Aufschlüsse über den Gang der Temperatur im Inneren dieses großen Kontinents geben.

Auf Fig. 83 haben wir die Kurven für die Temperatur-Schwankungen für jeden Monat an diesen Stationen (die Kurven I—XII), ausgeglichen nach der Formel $b = \frac{1}{4}(a + 2b + c)$, für die Zeit von 1876—1903 wiedergegeben. Ferner gibt die Kurve *W* die Temperatur-Schwankungen für die drei Wintermonate Dezember, Januar und Februar wieder, und die Kurve *SO* die Temperatur-Schwankungen für die Sommermonate Juni, Juli und August, sowie die Kurve *J* für das ganze Jahr.

Wie wir erwarten mußten, ergeben die Kurven sehr große Unterschiede in den Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten. Besonders ist der Unterschied

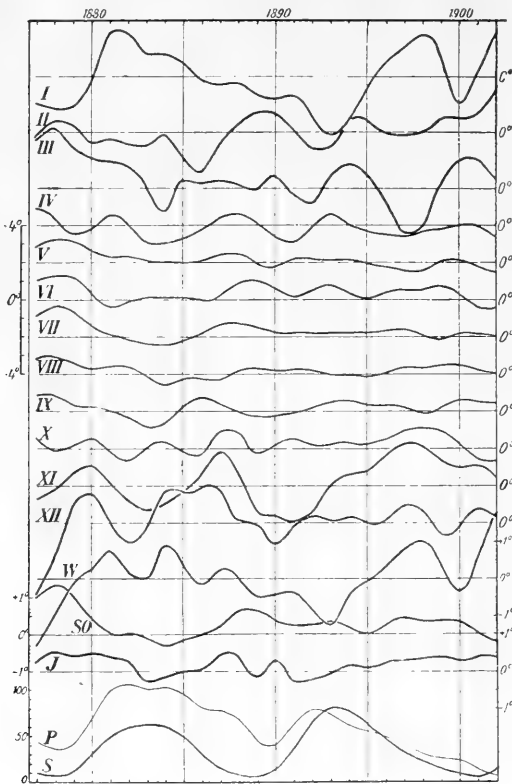


Fig. 83. Anomalien der Lufttemperatur im inneren Asien für jeden Monat im Jahre (I—XII), für die drei Wintermonate (*W*), für die drei Sommermonate (*SO*), und für das ganze Jahr (*J*). *P*. Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom und Catania. *S*: Sonnenflecken. Alle Kurven sind nach der Formel $b = \frac{1}{4}(a + 2b + c)$ ausgeglichen.

augenfällig zwischen den Wintermonaten und den Sommermonaten, wo die Schwankungen so ziemlich genau umgekehrt zu einander gehen. Aus diesem Grunde zeigt die Kurve für das ganze Jahr (*J*) verhältnismäßig geringe Schwankungen, da die Schwankungen in den verschiedenen Jahreszeiten sich teilweise gegenseitig im Jahresmittel aufheben. Aber merkwürdigerweise sehen wir, daß selbst z. B. innerhalb der Wintermonate die Schwankungen nicht gegenseitig miteinander übereinstimmen. So gehen z. B. die Schwankungen im Februar, teilweise auch die im März, zum

Teil umgekehrt wie die Schwankungen im Januar und auch im Dezember (und teilweise ebenfalls im November).

Stellen wir nun diese Temperaturkurven für die verschiedenen Monate zusammen mit den Kurven für die Protuberanzen und Sonnenflecken (die Kurven *P* und *S*, zuunterst auf der Figur), so finden wir, daß in der ersten Sonnenflecken-Periode von 1878—1889 die Temperatur-Schwankungen in den Monaten Dezember und Januar (vgl. auch die Winterkurve *W*) direkt wie die Kurven für die Sonnenflecken und Protuberanzen verlaufen; ja in den Kurven für Dezember und Januar (teils auch im Februar, vgl. auch die Kurve für Oktober) finden wir sogar die drei kürzeren Perioden in der Protuberanzen-Kurve mit kleinen Maxima in den Jahren 1881—82, 1884 und 1887 wieder. In derselben Sonnenflecken-Periode 1878—1889 verlaufen die Temperatur-Kurven für die Sommermonate ziemlich genau umgekehrt wie die Sonnenflecken-Kurve und die Protuberanzen-Kurve. Für die nächste Sonnenflecken-Periode 1889—1901 ist dagegen die Übereinstimmung zwischen den Temperatur-Kurven und den Sonnenflecken- und Protuberanzen-Kurven viel weniger regelmäßig. Die Kurve für die Wintermonate zeigt ein Minimum entsprechend dem Maximum von Sonnenflecken und Protuberanzen im Jahre 1893, und die Kurven für November, Dezember und Januar haben ferner ein merkbares Maximum in den Jahren 1897—98, das besonders ausgeprägt in der Januar-Kurve ist und das nichts Entsprechendes in den Protuberanzen- und Sonnenflecken-Kurven hat. Die Temperatur-Kurve *SO* für die drei Sommermonate verläuft etwa umgekehrt zu der Sonnenflecken-Kurve und der Protuberanzen-

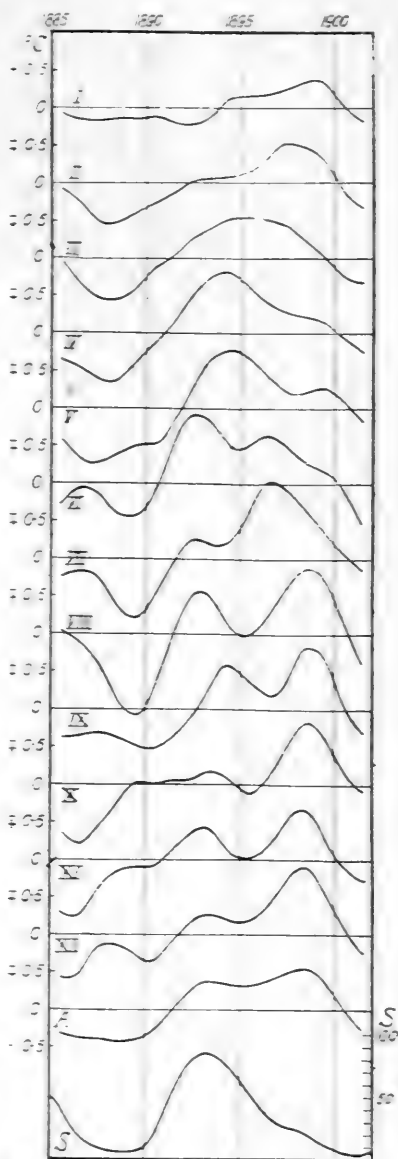


Fig. 84. Anomalien der Oberflächen-Temperatur an *Liepes Station I* (47° N, 6° W) für jeden Monat (I–XII) und für das Jahr (*A*) in kombinierter zwei- und dreijähriger Ausgleichung.

S: Sonnenflecken.

Kurve. Es ist auffallend, daß diese Sommerkurve der Jahreskurve viel ähnlicher als die Winterkurve (W) ist. Die Ursache ist, daß die Temperaturen in März, April und November mit ihren großen Schwankungen zum großen Teil umgekehrt zu der Winter-Temperatur verlaufen.

Die Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Monaten im Jahre an Liepes Station I.

Auf Fig. 84 haben wir die Kurven für die *Anomalien der Oberflächen-Temperatur* nach kombinierter zwei- und dreijähriger Ausgleichung für jeden Monat an *Liepes Station I* dargestellt. Wir sehen, daß die Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur in diesem östlichen Teil des Atlantischen Ozeans ziemlich genau in derselben Richtung in den verschiedenen Monaten des Jahres verlaufen. Außerdem haben sie auch große Ähnlichkeit mit den Schwankungen in den Sonnenflecken, besonders in den Frühlingsmonaten, bis zum Juni, wo das Temperatur-Minimum, wie man sieht, ziemlich genau gleichzeitig mit dem Minimum der Sonnenflecken fällt, während das Maximum teilweise ein oder zwei Jahre nach dem Flecken-Maximum eintritt. In den anderen Monaten stimmt ebenfalls das Temperatur-Minimum mit dem Sonnenflecken-Minimum einigermaßen gut überein, während das Temperatur-Maximum teilweise erst viele Jahre nach dem Maximum von Sonnenflecken eintritt. Besonders in den Monaten von Juni bis Dezember besteht eine stark ausgeprägte Neigung zu einer Zweiteilung der elfjährigen Sonnenflecken-Periode; und dadurch, daß sich das letzte der dabei entstandenen Maxima allmählich im Laufe der Monate zu dem Hauptmaximum entwickelt, fällt dieses so viele Jahre später als das Maximum von Sonnenflecken, während das erste Maximum in diesen Monaten ungefähr gleichzeitig mit dem Sonnenflecken-Maximum fällt.

Zweiteilung der Elfjahrs-Periode an Liepes Stationen.

Wir sehen also hier eine ähnliche Zweiteilung der elfjährigen Sonnenflecken-Periode, wie sie schon in der Oberflächen-Temperatur des Nordatlantischen Ozeans, und an verschiedenen meteorologischen Stationen (vgl. S. 125, und Fig: 69, 78, 79, u. a.) gefunden wurde. Diese Zweiteilung ist ja auch von so vielen Anderen sowohl für die Temperatur wie für den Niederschlag nachgewiesen (vgl. was oben über Hellmann, Johansson u. A. gesagt wurde, S. 154, 171). Gerade dieselbe Zweiteilung der Elfjahrs-Periode ist es, die Wallén so stark ausgeprägt in den Schwankungen des Wasserstandes in den großen schwedischen Binnenseen gefunden hat.

Da es sein Interesse haben dürfte, zu untersuchen, wie es sich in dieser Hinsicht an den anderen Liepeschen Stationen verhält, die sich ja

über ein großes Gebiet erstrecken, von nördlich des azorischen Maximums bis ein gutes Stück südwärts, so haben wir in derselben Weise, mit kombinierter zwei- und dreijähriger Ausgleichung, die Jahresmittel für alle Stationen von Liepe ausgerechnet und sie in Kurven auf Fig. 85 dargestellt, und zwar zusammen mit der Sonnenflecken-Kurve, die in derselben Weise ausgeglichen ist. Die Figur zeigt eine merkbare Entwicklung südwärts, teils mit einer Verschiebung der Extremen. An den vier ersten Stationen sind die Schwankungen am stärksten ausgeprägt; für die südlichen Stationen V—VIII sind sie klein, und für die allersüdlichste Station VIII sind sie ja fast gleich Null. Das scheint sich ganz einfach erklären zu lassen durch die Luftdruck-Verteilung, die später erörtert werden wird. Die Zweiteilung in der Elbfahrs-Periode ist am meisten ausgeprägt für die nördlichen Stationen südwärts bis Station IV. Für die Stationen V und VI ergibt sich eine Dreiteilung, die auch teilweise an den südlichsten Stationen zu spüren ist.

Um ein anderes Bild von der Entwicklung an der Stationsreihe zu erhalten, haben wir auf Fig. 86 die Werte für die ausgeprägten Maximums- und Minimums-Jahre der Sonnenflecken genommen, die wir in drei Kurven

zusammengestellt haben, zuoberst für die beiden Minimums-Jahre 1890 und 1902 und zuunterst für das Maximums-Jahr 1894, so daß sie die geographische Ausbreitung der Anomalien während der Extreme in der Sonnen-tätigkeit zeigen. Es besteht hier ein ganz interessanter Unterschied: In den Minimums-Jahren steigt die Kurve von der nördlichsten nach der südlichsten Station, wogegen sie im Maximums-Jahr sinkt. In beiden Fällen sind die Anomalien am größten auf den nördlichen Stationen und am kleinsten

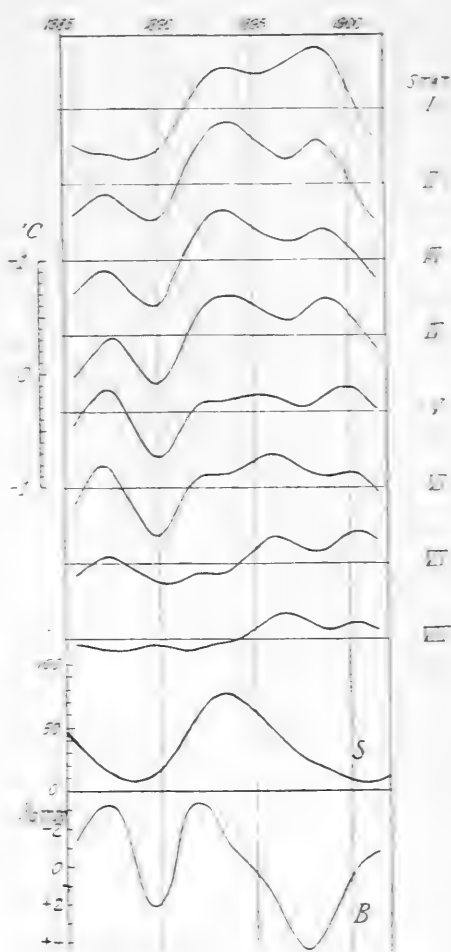


Fig. 85. Jahres-Anomalien der Oberflächentemperatur an Liepes Stationen I—VIII in kombinierter Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung. S: Sonnenflecken in Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung. B: Anomalien der Luftdruck-Differenzen zwischen 30° N, 30° W und São Thiago (in Zwei- und Dreijahrs-Ausgleichung).

auf den südlichen. Im großen ganzen besteht eine direkte Übereinstimmung zwischen den Schwankungen der Temperatur und der Sonnenflecken, außer für die zwei südlichsten Stationen, wo das Verhältnis meistens umgekehrt ist.

Ergebnis.

Das Hauptergebnis unserer Untersuchungen über das Verhältnis zwischen den Schwankungen in der Sonnentätigkeit und den Schwankungen in der Temperatur auf der Erde ist also, daß eine enge Verbindung zwischen

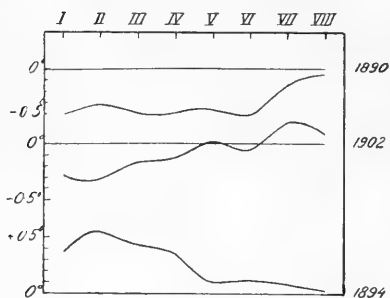


Fig. 86. Die Verteilung der Temperatur-Anomalien an Liepes 8 Stationen bei Flecken-Minimum (in 1890 u. 1902) und bei Flecken-Maximum (in 1894).

diesen bestehen muß. Aber die Schwankungen in der Sonnentätigkeit haben nicht zu allen Zeiten dieselbe Wirkung auf die Temperatur auf der Erde, selbst nicht einmal an derselben Stelle. Es zeigt sich, daß in allen von uns untersuchten Teilen der Erde die Temperatur z. B. längere Zeit mehr oder weniger umgekehrt zu den Sonnenflecken oder den Protuberanzen oder der Störung der magnetischen Elemente schwanken kann, um dann plötzlich umzuschlagen und während einer Reihe von Jahren direkt wie diese zu schwanken, worauf sie dann

wieder für längere Zeit umgekehrt schwanken. Dies gilt sowohl für die kürzeren Schwankungen von wenigen Jahren, wie für die längeren elf-jährigen Perioden.

Ferner haben wir gefunden, daß an Orten, die einander nahe und in derselben Aktionssphäre zu liegen scheinen, wie z. B. Bombay und Wellington in Indien, die Temperaturschwankungen während einer längeren Jahresreihe genau umgekehrt zu einander verlaufen können.

Kein direkter Zusammenhang zwischen Schwankungen in der Sonnenstrahlung und Temperatur-Schwankungen an der Erdoberfläche.

Selbst wenn also offenbar die Temperaturschwankungen der Erde im wesentlichen auf Schwankungen in der Sonnentätigkeit beruhen müssen, so muß aus dem oben erwähnten schon klar hervorgehen, daß die Schwankungen in der Sonnenstrahlung, die die Erdoberfläche erreicht, nicht die unmittelbare Ursache zu den Schwankungen in der Lufttemperatur an der Erdoberfläche und den Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur im Meere sein können.

Man hat, wie bereits erwähnt, die Temperatur-Schwankungen durch Schwankungen in der Wolkenbildung in der Erdatmosphäre erklären wollen,

oder in der Ozon-Bildung in den höheren Schichten der Atmosphäre (in der Stratosphäre), die von Veränderungen in der Sonnentätigkeit abhängig seien und Veränderungen im Verhältnis zwischen der Einstrahlung und Ausstrahlung der Erde hervorrufen sollten. Falls dies richtig ist, muß es offenbar große und augenfällige Veränderungen in der täglichen und jährlichen Temperatur-Amplitude an den verschiedenen Stellen der Erde hervorrufen, und besonders müssen wir erwarten, dies in den Tropen stark ausgeprägt zu finden. Aber unsere früher kurz erwähnten Untersuchungen der täglichen Temperatur-Amplitude an mehreren Tropenstationen scheinen keine sichere Andeutung zu geben, daß dies der Fall ist.

Nur bei *Antananarivo* und Fort de France zeigen die von uns zusammengestellten Kurven für die tägliche Temperatur-Amplitude bedeutende Schwankungen. Die Kurve für die erstgenannte Station (Fig. 71, IV T-A) zeigt keine auffällige Ähnlichkeit mit der Sonnenflecken-Kurve oder der Protuberanzen-Kurve. Allerdings hat sie ein Maximum zwischen 1892 und 95, das eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Flecken-Maximum haben kann, aber ihre ausgeprägten Minima in den Jahren 1891 und 1897, sowie ihr Steigen von 1897 bis zu einem Maximum in den Jahren 1908 und 1909 haben wenig Ähnlichkeit mit irgendeiner Kurve für Sonnenflecken oder Protuberanzen und ebenso wenig mit den magnetischen Kurven. Das ganze Aussehen dieser Kurve ist überhaupt sehr auffallend.

Die Kurve für die Temperatur-Amplitude in *Fort de France* (Fig. 71, VI T-A) hat mehr Ähnlichkeit mit den Kurven für Sonnenflecken und Protuberanzen, mit einem Minimum im Jahre 1900 und einem Anstieg in den Jahren darauf. Das Maximum kommt erst im Jahre 1907, also in dem letzten Jahre, wo ein Sonnenflecken-Maximum war, und gerade in dem Jahre, wo die Protuberanzen ihr Maximum erreichten. In der früheren Sonnenflecken-Periode fällt das Maximum der Temperatur-Amplitude ungefähr zwischen 1893 und 1894, was gut mit dem Sonnenflecken-Maximum zusammenpaßt. Aber in dieser Periode ist ein sekundäres Maximum im Jahre 1897, und die Sonnenflecken-Periode ist also in zwei Teile geteilt, eine Erscheinung, die wir ja auch sonst oft wiederfinden. Ein entsprechendes Minimum finden wir auch in der Regenmengen-Kurve für 1897. — Es kann also den Anschein haben, als ob in diesem Falle wirklich ein Steigen in der täglichen Temperatur-Amplitude mit gleichzeitiger Steigerung von Sonnenflecken bestanden hat.

Bei den anderen von uns behandelten Tropenstationen können wir dagegen keinen deutlichen Zusammenhang zwischen der Sonnenflecken-Kurve und der Kurve für die tägliche Amplitude finden. Wir haben dies schon für *Batavia* erwähnt (Fig. 68). Wir finden hier, daß die tägliche Amplitude

bei abnehmender Bewölkung steigt, was ja auch natürlich ist; je weniger Bewölkung herrscht, um so stärker wird die Ausstrahlung und folglich um so größer die Amplitude in der Temperatur sein. Wir fanden auch, daß die Kurve für die tägliche Amplitude stieg und fiel ungefähr gleichzeitig mit der Temperatur-Kurve und der Kurve für den Luftdruck. Daß das letztere der Fall sein würde, konnte man ja auch erwarten, wenn man davon ausgeht, daß ein höherer Luftdruck einen wolkenfreieren Himmel bedingt. Irgendeine Andeutung davon, daß die tägliche Temperatur-Amplitude in Batavia mit zunehmenden Sonnenflecken und Protuberanzen steigen sollte, finden wir dagegen in unserer Kurve nicht.

Das zeigt auch nicht die Kurve für die tägliche Temperatur-Amplitude in *Wellington* (Fig. 71, II T-A). Die Kurve scheint ziemlich unregelmäßig zu sein, und zeigt einen merkwürdigen Anstieg während der ganzen Zeit von 1883 bis 1905. Dieser Anstieg ist aber einem Anstieg in der Temperatur-Kurve für Batavia ähnlich. Er entspricht einem allgemeinen Sinken der Protuberanzen-Zahl von 1883, wie es aus Fig. 69 deutlich hervorgeht.

Die Kurve für die tägliche Temperatur-Amplitude in *Mauritius* (Fig. 71, III T-A) hat einige Ähnlichkeit mit der Luftdruck-Kurve, insofern als sie teilweise Maxima zusammen mit dieser hat, und das konnte man ja auch nach dem oben Gesagten erwarten, falls hoher Luftdruck wolkenfreien Himmel bedeutet. Irgendwelche größere Ähnlichkeit mit der Temperatur-Kurve läßt sich dieser Kurve für Mauritius nicht nachsagen, ebenso wenig mit der Sonnenflecken-Kurve.

Bei *Port au Prince* zeigt die Kurve für die tägliche Temperatur-Amplitude (Fig. 71, V T-A) auch Ähnlichkeit mit der Luftdruck-Kurve, insofern als sie wenigstens teilweise Maxima mit dieser gleichzeitig hat. Aber

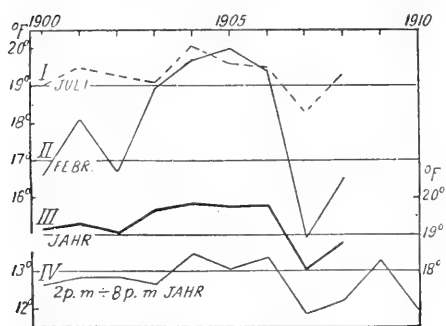


Fig. 87. Differenzen zwischen mittleren Maxima und mittleren Minima der Temperatur (in $^{\circ}$ F.) in *Arequipa* im Juli (I), im Februar (II) und im ganzen Jahr (III). IV: Jahresmittel der Differenz zwischen den Temperaturen um 2 Uhr und 8 Uhr Nachmittag.

irgendwelche Ähnlichkeit mit der Temperatur-Kurve hat sie nicht, auch nicht mit der Sonnenflecken-Kurve, wenn es nicht die sein sollte, daß sie im letzten Zeitraum von 1900—1910 eigentlich umgekehrt zu dieser verläuft.

Da es sich denken läßt, daß eine Binnenland-Station in den Tropen deutlichere Schwankungen in der täglichen Temperatur-Amplitude zu erkennen geben könnte, haben wir nach den von Arctowski [1912] veröffentlichten Temperaturwerten einige Kur-

ven zusammengestellt, die die Schwankungen der Temperatur-Amplitude (in Fahrenheit-Graden) im Februar, Juli und für das ganze Jahr in *Arequipa* in Peru zeigen (Fig. 87). Allerdings finden wir hier, besonders im Februar, also in dem südtropischen Sommer, ein ausgeprägtes Maximum etwa im Jahre 1905, aber das stark ausgeprägte Minimum im Jahre 1907, das in allen Kurven für die Amplitude an dieser Station wiederkehrt, läßt sich nicht mit der Sonnenflecken-Kurve in Übereinstimmung bringen, ebenso wenig wie mit den Protuberanzen, die ihr Maximum in diesem Jahre hatten. Wenn man auch einwenden könnte, daß wir hier wieder auf eine Zweiteilung der Sonnenflecken-Periode stoßen, so muß doch in Betracht gezogen werden, daß dieses Minimum im Jahre 1907 beträchtlich niedriger ist, als die Minima in den Jahren 1900 bis 1902, wo ein Protuberanzen- und ein Sonnenflecken-Minimum herrschte. — Überhaupt scheint die Übereinstimmung zwischen den Kurven der Temperatur-Amplitude und der Sonnenflecken-Kurve an dieser Station nicht so gut zu sein, daß wir auf ihr irgendwelche bestimmte Schlüsse aufbauen können.

Jahres-Amplituden der Temperatur in Nordamerika.

Wenn indessen große Schwankungen im Verhältnis zwischen Einstrahlung und Ausstrahlung auf der Erde von Jahr zu Jahr stattfinden, dann muß man auch erwarten, daß sich dies besonders im Inneren der großen Kontinente durch den Unterschied zwischen Winter- und Sommer-temperatur geltend machen sollte, da ja doch die Sommertemperatur dort von der Einstrahlung stark beeinflusst wird, und entsprechend die Wintertemperatur von der Ausstrahlung. Wir haben uns deshalb die Jahres-Amplitude angesehen d. h. den Temperaturunterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Monat des Jahres in vier verschiedenen Gebieten der Vereinigten Staaten; das Ergebnis ist in den Kurven I—IV auf Fig. 88 wiedergegeben. Wie man sehen wird, sind die Verhältnisse an der pazifischen Küste (den Pazifik-Staaten Kurve I) bedeutend gleichartiger, als in den anderen drei Gebieten, und sie gehen zum wesentlichen Teil in entgegengesetzter Richtung wie die Amplitude in diesen. Zuunterst auf der Figur sind die Kurven *S* und *P* für Sonnenflecken und Protuberanzen (nach den Beobachtungen in Rom und Catania) wiedergegeben. Wie man sehen wird, besteht keine irgendwie deutliche Übereinstimmung zwischen den vier Kurven für Jahres-Amplitude und diesen Kurven. Es sollte denn sein, daß die zwei Temperatur-Kurven II und III ausgeprägte Minima im Jahre 1890 (in Kurve IV bis 1891 verschoben) zeigen, also gleichzeitig mit dem Minimum der Sonnenflecken und Protuberanzen, während dagegen in den Jahren 1901 und 1902 kein entsprechendes

ausgeprägtes Minimum in den Temperatur-Amplituden bestand, es sei denn, daß eine Andeutung dazu in Kurve IV für *die inneren Staaten* vorkommt. Diese Kurve zeigt sonst eine deutliche Zweiteilung der 11-jährigen Sonnenflecken-Periode, mit einem Minimum in der Nähe des Flecken-Minimums (vgl. 1891 und 1902) und ein Minimum in der Nähe des Flecken-Maximums (vgl. 1884 und 1906) oder jedenfalls in der Mitte der 11-Jahrs-Periode (vgl. 1896). In der letzten Periode 1902—1913 war das mittlere Minimum so viel tiefer als die anderen, daß in dieser Periode die Kurve IV im Durchschnitt umgekehrt wie die Sonnenflecken-Kurve verläuft.

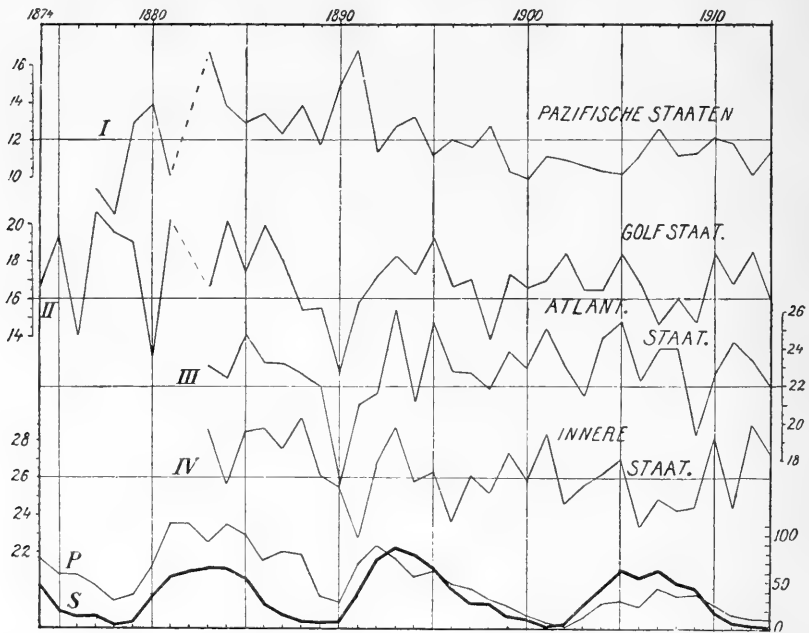


Fig. 88. Temperatur-Differenzen (in $^{\circ}\text{C.}$) zwischen dem wärmsten und kältesten Monat des Jahres in vier Gebieten der Vereinigten Staaten Amerikas. I: in den westlichsten Staaten an der pazifischen Küste. II: in den Staaten am Mexikanischen Golf. III: in den östlichen Staaten an der atlantischen Küste. IV: in den inneren Staaten.

In den Kurven II und III für die Golf-Staaten und für die Atlantischen Staaten (an der atlantischen Küste) besteht auch eine Andeutung von einer ähnlichen Zweiteilung der 11-Jahrs-Periode, teils mit einer Phasen-Verschiebung.

Für dieselben vier Gebiete in den Vereinigten Staaten haben wir auch die Schwankungen in den Durchschnitts-Temperaturen für den Winter und für den Sommer jedesmal für sich studiert. Zum Winter haben wir die Monate Dezember, Januar und Februar gerechnet und zum Sommer Juni, Juli und August. In Fig. 89 zeigen die schwachen Linien die Schwankungen in der durchschnittlichen Winter-Temperatur (die voll aus-

gezogenen Linien *W*) und Sommertemperatur (die gestrichelten Linien *S*). Die starken Linien *S—W* zeigen die Schwankungen in der Differenz zwischen der Temperatur des Sommers und des Winters. Es ist auffallend, wie viel weniger die Sommer-Temperaturen durchgehends von Jahr zu Jahr schwanken als die Winter-Temperaturen. Man wird auch sehen, daß

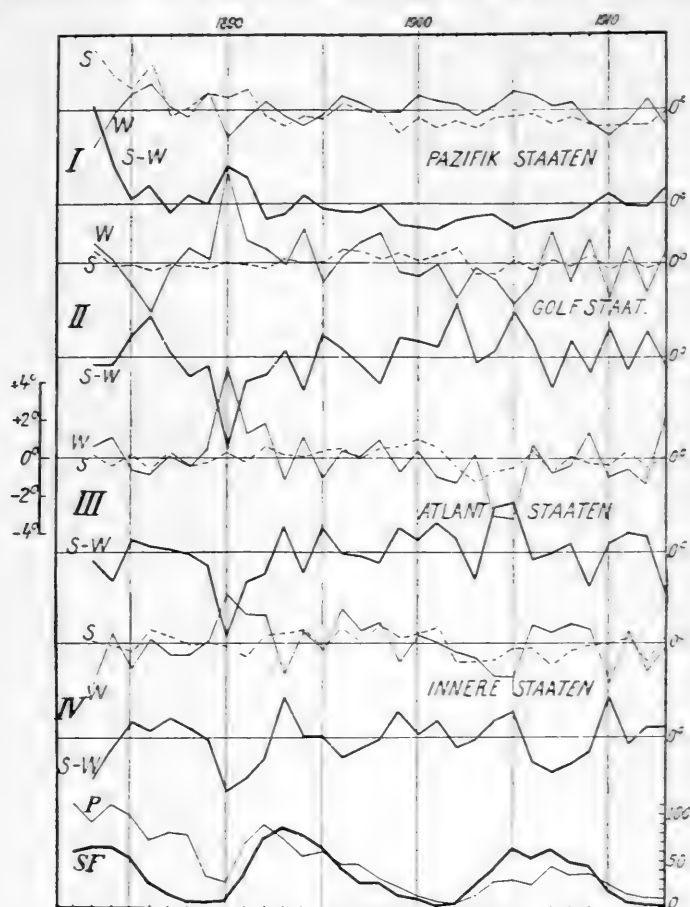


Fig. 89. Temperatur-Anomalien der drei Sommer-Monate (Kurven *S*), der drei Winter-Monate (Kurven *W*), und die Differenz zwischen diesen Anomalien für Sommer und Winter (Kurven *S—W*). Die untersten Kurven stellen die Jahresmittel der täglichen Anzahl von Protuberanzen (*P* nach Beobachtungen in Rom und Catania) und von den Relativzahlen der Sonnenflecken (*SF*) dar.

die Schwankungen in sowohl Sommer- wie Winter-Temperatur und in der Differenz zwischen ihnen bedeutend geringer für die Pazifik-Küste (Kurven I) sind, als für die anderen drei Gebiete (Kurven II—IV), und daß auch hier, wie in den anderen früher erwähnten Verhältnissen sich ein Unterschied geltend macht, und zwar derart, daß die Schwankungen an der Pazifik-Küste durchgehends umgekehrt zu den Schwankungen in den anderen Gebieten verlaufen.

Da die Winter-Temperaturen mehr schwanken als die Sommer-Temperaturen, wird die Kurve, die die Differenz zwischen ihnen darstellt, wesentlich von der Winter-Temperatur bestimmt werden, und gezeichnet mit der Skala wie wir es auf der Figur getan haben, wird diese Differenz-Kurve durchgehends ein Spiegelbild der Kurve für die Winter-Temperaturen zeigen.

Wir können jetzt diese verschiedene Temperatur-Kurven mit den Kurven für Sonnenflecken (*SF*) und Protuberanzen (*P*) zuunterst auf der Figur vergleichen. Im pazifischen Gebiet (Kurven I), wo, wie erwähnt, die Schwankungen gering sind, kann es aussehen, als ob die Winter-Temperatur besonders niedrig in der Nähe der Sonnenflecken-Minima wäre, besonders 1890, 1910 und 1913. Dadurch wird der Unterschied zwischen der Temperatur des Sommers und des Winters zu diesen Zeiten verhältnismäßig groß; aber die Schwankungen sind, wie gesagt, so gering und unregelmäßig, daß daraus wenig zu schließen ist. Für die anderen Gebiete besteht keine ganz deutliche Übereinstimmung zwischen den Temperatur-Verhältnissen in den beiden typischen Jahreszeiten und den Sonnenflecken-Schwankungen; es sollte denn sein, daß in der Nähe des Flecken-Minimums ebenso wie nach Flecken-Maximum eine verhältnismäßig hohe Winter-Temperatur herrscht, und infolgedessen ein verhältnismäßig geringer Unterschied zwischen den Sommer- und den Winter-Temperaturen besteht. Es ist also eine Andeutung zu einer Zweiteilung der Sonnenflecken-Periode wie früher gefunden; sie kommt am deutlichsten in den Kurven *III S—W* und *IV S—W* zum Vorschein.

Einstrahlung und Ausstrahlung. Staub und Wolkenbildung.

Die hier beschriebenen Untersuchungen scheinen also nicht die Annahme zu stützen, daß die Schwankungen in der Temperatur der Erde, die mit der Sonnenflecken-Periode zusammenfallen, auf Schwankungen im Verhältnis zwischen Einstrahlung und Ausstrahlung beruhen können, und zwar in der Weise, daß die Ausstrahlung bei Sonnenflecken-Minimum verringert werde, und die Temperatur der Erde deshalb zu der Zeit steigen sollte. Wäre das richtig, so müßten wir unwillkürlich dies auf eine ganz anders deutlich ausgesprochene Weise in unseren Kurven wiederfinden, als es der Fall ist.

Wenn die Temperatur-Schwankungen an der Erdoberfläche darauf zurückzuführen sein sollten, daß kosmischer Staub oder Vulkanstaub in der Atmosphäre — oder auch Wolkenbildungen (hervorgerufen vielleicht durch die Luftdruck-Schwankungen, die dann besonders in den Tropen die Temperatur erniedrigen sollten) — die Sonnenstrahlung, die die Erde

erreicht, vermindere, dann müßten wir erwarten, daß die Temperatur-Amplitude die Neigung hätte, bei Minimum von mittlerer Temperatur am geringsten zu werden, da ja die Wärme, die der Erdoberfläche durch die Sonnenstrahlung zugeführt wird, mehr schwankt, als die Ausstrahlung, die jedoch ebenfalls sowohl bei der Wolkenbildung wie bei Staub in der Atmosphäre vermindert werden muß. Aber auf eine derartig ausgeprägte Verminderung in den täglichen oder jährlichen Amplituden der Lufttemperatur bei Minimum von mittlerer Lufttemperatur als allgemeiner Regel oder bis zu dem Grad, wie wir dann erwarten müßten, deuten ebenfalls keine unserer Kurven hin.

Unhaltbarkeit der Blanford'schen Hypothese durch die Verhältnisse im Indischen Ozean bewiesen.

Wir haben bereits auf S. 177 betont, daß die direkten Beobachtungen Blanford's Hypothese nicht stützen, nämlich daß infolge einer stärkeren Sonnenstrahlung bei Sonnenflecken-Maximum die Oberfläche des Meeres mehr erwärmt als bei Flecken-Minimum, und deshalb die Verdunstung größer werden sollte, die wiederum größere Wolkenbildung hervorruft und mehr Niederschlag über dem Land, das seinerseits dadurch eine niedrigere Temperatur bekommt. Wir wollen hier nochmals auf diesen Punkt zurückkommen.

Nach den Beobachtungen, die die Holländer von den zwei 10-Grad-Quadraten im Indischen Ozean zwischen 0^0 und 10^0 N-Br. und zwischen 70^0 und 90^0 Ö-Lg. gesammelt haben, sind von uns auf Fig. 90 die Kurven für die Anomalien der Oberflächen-Temperatur (WT) für die zwei Felder zusammengestellt worden (Kurve III und Kurve VIII); ferner die Kurven für die Lufttemperatur (T) für dieselben zwei 10-Grad-Quadrate (die Kurven IV und IX); ebenso die Kurven für die Schwankungen des Luftdrucks (B) (die Kurven V und X); die Kurven für die Windgeschwindigkeit (W), ausgedrückt nach Beauforts Skala ohne Rücksicht auf die Richtung (die Kurven VI und XI, mit umgekehrter Skala gezeichnet), sowie schließlich die Kurven für die Bewölkung (N), die Kurven VII und XII, ebenfalls mit umgekehrter Skala gezeichnet). — Auf derselben Figur zuoberst haben wir auch in den Kurven I und II die Lufttemperatur (T) und den Luftdruck (B) in Mauritius dargestellt, und zuunterst auf der Figur die Kurven XIII—XV für Lufttemperatur (T), Luftdruck (B) und Windgeschwindigkeit (W) in Batavia.

Wir sehen aus dieser Figur, daß die Schwankungen in der *Oberflächen-Temperatur* und *Luft-Temperatur* in diesen Teilen des Indischen Ozeans einander vollständig folgen und sie zeigen auch eine Übereinstimmung

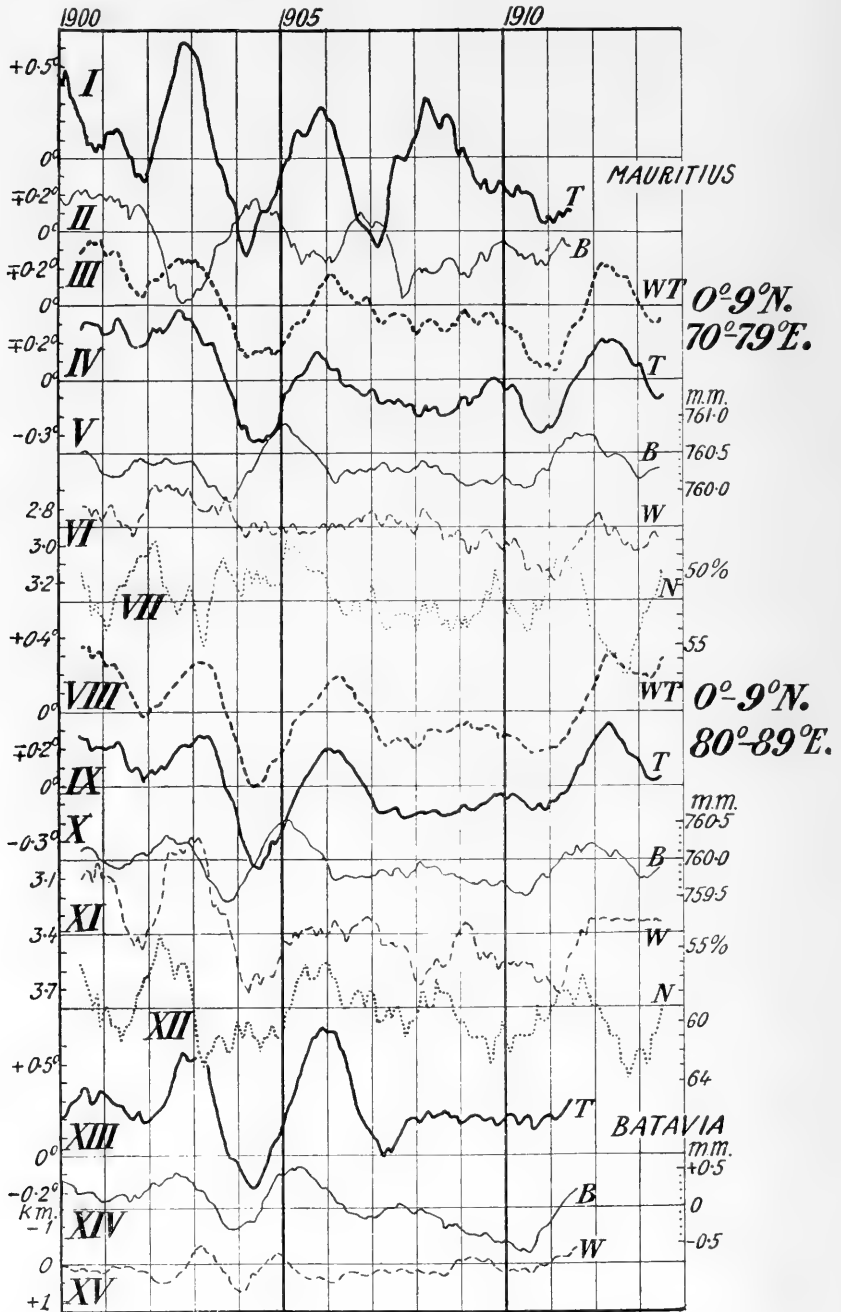


Fig. 90. Kurven für die beiden 10-Grad-Quadrate (der holländischen Tabellen, vgl. oben S. 70) im Indischen Ozean, und für Mauritius und Batavia. *T*: Luft-Temperatur. *IVT*: Oberflächen-Temperatur. *B*: Luftdruck. *W*: Windgeschwindigkeit. *N*: Wolkendecke. Alle Werte sind sukzessive 12-Monats-Mittel.

mit den Schwankungen in der Lufttemperatur auf Mauritius und in Batavia mit geringen Ausnahmen, wie das Maximum in der Lufttemperatur auf Mauritius im Jahre 1908, das wir in den Kurven für die zwei 10-Grad-Quadraten im Indischen Ozean nicht wiederfinden, ebensowenig wie in Batavia. Die Kurven für den *Luftdruck* (*B*) für die zwei Ozeanfelder stimmen ebenfalls gut, besonders mit der Luftdruck-Kurve für Batavia, aber nicht völlig so gut mit der Luftdruck-Kurve für Mauritius. Es zeigt sich eine ähnliche Verschiebung, wie die, auf die wir früher aufmerksam gemacht haben (vgl. schon Chambers, siehe oben S. 162, 202), so daß die Schwankungen in den westlichen Gegenden früher eintreten, als in den mehr östlichen; die Schwankungen in den Ozeanfeldern sind fast gleichzeitig mit den Schwankungen in Batavia, während sie beträchtlich später eintreten als die Schwankungen auf Mauritius.

Die Kurven für *Windgeschwindigkeit* (*W*) und *Bewölkung* (*N*) zeigen weniger ausgeprägte Übereinstimmungen. Die Windgeschwindigkeit schwankt im großen ganzen, besonders im östlichsten der zwei Ozeanfelder, umgekehrt wie die Temperatur: hohe Windgeschwindigkeit scheint verhältnismäßig niedrigere Temperatur zu bedingen. Besonders in dem östlichsten Ozeanfeld kommen die Schwankungen in der Windgeschwindigkeit auch etwas vor den Schwankungen in der Temperatur. Die Bewölkung scheint in diesem Feld die Neigung zu haben, umgekehrt zur Temperatur und zum Luftdruck zu schwanken, jedoch in der Weise, daß die Schwankungen in der Bewölkung etwas vor den entsprechenden Temperatur-Schwankungen kommen, also geringe Bewölkung etwas vor hoher Temperatur und umgekehrt.

Die überraschend gute Übereinstimmung zwischen den Schwankungen in den meteorologischen Elementen in diesen Ozeanfeldern und den Schwankungen in denselben meteorologischen Elementen über den Landstationen scheint schließlich beweisen zu müssen, daß kein derartiges gegensätzliches Verhältnis zwischen den Schwankungen über dem Ozean und den Schwankungen über den Landstationen besteht, die Blanford's Theorie voraussetzt. Diese Felder reichen so weit in den Indischen Ozean hinaus, daß wir uns denken müssen, sie stellen in allem wesentlichen die wirklichen Ozeanverhältnisse dar.

Wir finden also, daß die verschiedenen erwähnten Theorien zur Erklärung der Schwankungen in der Temperatur der Erde sich kaum in Übereinstimmung mit den Ergebnissen unsrer Untersuchungen bringen lassen — weder für die geringjährigen Schwankungen, noch für die längere Perioden von 11 Jahren. Wir müssen daher anderswo eine befriedigende Erklärung für diese verschiedenen Schwankungen suchen.

Gewöhnlicher Fehler vieler Verfasser.

Der Fehler, den unsrer Meinung nach die meisten früheren Verfasser bei ihren Erörterungen über die möglichen Ursachen der Temperatur-Schwankungen auf der Erde gemacht haben, besteht darin, daß sie als gegeben angenommen haben: eine Durchschnittstemperatur für die Oberfläche der ganzen Erde sollte als eine Art Maß für die Schwankungen in der Sonnenstrahlung selbst oder der Sonnen-Strahlung, die von unsrer Erde empfangen wird, angesehen werden können. Sie haben nicht genügend Wert darauf gelegt, daß ein sehr großer Prozentteil dieser Strahlung von den höheren Schichten der Atmosphäre absorbiert wird, und daß die Verteilung der Temperatur in der Atmosphäre der Erde eine große, vielleicht die größte Rolle für die Temperatur an der Oberfläche der Erde spielen muß.

Aber diese Verteilung der Temperatur in der Atmosphäre ist in hohem Grade von dem Kreislauf der Atmosphäre selbst abhängig, und dieser wird wiederum von der thermischen Ausstrahlung der Sonne beeinflusst, vielleicht auch von anderen Formen von Energie-Ausstrahlung.

Indem er nicht an die Rolle dachte, die der Kreislauf, wie überhaupt die Temperaturverteilung, in allen Schichten der Atmosphäre spielt, ist z. B. ein Forscher wie Newcomb nach unsrer Auffassung in seiner Erörterung des Problems auf den Holzweg geraten, wenn er behauptet [1908, S. 382], da die Häufigkeit der magnetischen Stürme zeige, daß »die magnetische Ausstrahlung« von der Sonne bei Maximum von Sonnenflecken am größten ist (also zu der Zeit, wo die terrestrische Temperatur am niedrigsten ist), so gebe dies Grund zu der Annahme, daß die thermische Wirkung der »magnetischen Ausstrahlung« zu klein sei, um irgendwelche unmittelbar zu beobachtende meteorologische Wirkung hervorzurufen. Er meint deshalb, die magnetische, elektrische und radio-aktive Strahlung von der Sonne könne vollständig außer Betracht gelassen werden.

Die Schlüsse, zu denen Newcomb [1908, S. 387] hinsichtlich der Wirkung von Veränderungen in der »Solar-Konstante« auf die Temperatur an der Oberfläche der Erde kommt, werden auch wenig haltbar. Er meint, die Veränderungen, die man auf höheren Breiten beobachtet, seien nicht brauchbar, um etwas im Bezug auf Veränderungen in der Sonnentätigkeit zu schließen, da ja derartige Veränderungen in erster Linie sich in den Tropen geltend machen müßten, und falls Veränderungen in der Temperatur auf höheren Breiten größer sind, als die Veränderungen in den Tropen, dann könne dies nicht auf den Schwankungen in der Sonnentätigkeit selbst beruhen, weil diese selbstverständlich die größte Wirkung in der Nähe des Äquators ausüben müßten.

Er scheint hier zu vergessen, daß die Schwankungen in der Sonnentätigkeit und in der »Solar-Konstante« (wie auch in der elektrischen Ausstrahlung) in erster Linie die höheren Luftschichten und damit die Luftdruck-Verteilung beeinflussen haben können, sowie die Zirkulation nicht nur in diesen höheren Schichten, sondern auch in den niedrigeren Teilen der Atmosphäre. Dies kann wieder die Temperatur auf höheren Breiten mehr beeinflussen, als in den Tropen, wo die Verhältnisse so stabil sind.

Verdunstung und Temperatur.

Man hat nach unsrer Meinung auch oft bei der Erörterung von Niederschlag und Verdunstung einen wesentlichen Fehler gemacht, wenn man ohne weiteres angenommen hat, daß gesteigerte Strahlung und deshalb erhöhte Temperatur in der Atmosphäre immer gesteigerter Verdunstung entsprechen müsse, und deshalb auch vermehrtem Niederschlag. Dies ist indessen nicht der Fall. Vermehrter Niederschlag muß allerdings im großen ganzen mit einer durchschnittlich gesteigerten Verdunstung von der Oberfläche des Meeres oder der Landoberfläche verbunden sein. Diese Verdunstung wieder, könnte man denken, müßte von gesteigerter Temperatur bedingt sein. Aber dies trifft nicht unbedingt zu. Verdunstung von der Oberfläche, sei es des Meeres oder des Landes, ist selbstverständlich auf der einen Seite von der Temperatur abhängig, aber andererseits auch abhängig von der vertikalen und horizontalen Zirkulation in der Atmosphäre. Herrscht in dieser wenig Bewegung, und ist ihre Temperatur außerdem verhältnismäßig hoch und höher als, oder nicht wesentlich niedriger als die Temperatur der Oberfläche des Meeres, so wird, selbst wenn die Temperatur verhältnismäßig hoch für beide ist, die Verdunstung verhältnismäßig gering werden, da ja die nächsten Luftschichten über der Meeresoberfläche sehr rasch gesättigt sein werden. Da sie nicht wärmer sind als die darüberliegenden Schichten, werden sie auch nicht emporsteigen, sondern über dem Meere liegen bleiben und weitere Verdunstung verhindern. Deshalb kann die Verdunstung sehr wohl bei hohen Temperaturen verhältnismäßig gering sein. Das sind gerade Zustände, wie sie oft im Sommer eintreten, wenn die Luft-Temperatur ebenso hoch oder sogar höher als die Oberflächen-Temperatur ist.

Ist dagegen die Meeresoberfläche bedeutend wärmer als die Luft, dann werden, selbst wenn keine sonderlich große Zirkulation in der Atmosphäre selbst herrscht, vertikale Konvektionsströme in dieser entstehen müssen. Die unterste Luftschicht wird erwärmt werden und in die Höhe steigen, um wieder von neuen Schichten ersetzt zu werden. Dadurch können diese niemals mit Feuchtigkeit gesättigt werden, und die Verdunstung wird immer verhältnismäßig rasch vor sich gehen, selbst wenn keine

andere Bewegung in der Luft herrschte. Das sind Zustände, die während des kälteren Teils des Jahres die allgemeinen sein werden; dazu kommt, daß zu dieser Zeit auch eine stärkere horizontale Bewegung in der Atmosphäre herrscht, weshalb also, wie man annehmen muß, die Verdunstung zu dieser Zeit ganz bedeutend sein wird und wahrscheinlich größer als sie durchschnittlich in der wärmsten Zeit des Jahres ist. Tatsächlich ist ja auch im großen ganzen der Niederschlag im Winter größer als im Sommer. Auch an diesem Punkte geht Newcomb von nicht völlig richtigen Voraussetzungen aus [1908, S. 384], wenn er als gegeben annimmt, »that fluctuations of temperature (an der Erdoberfläche) are the primary cause of changes in precipitation, rainfall or great movements of the air, and fluctuations of the barometer«. Er kommt zu dem Schlußergebnis seiner Untersuchungen, daß: »all the ordinary phenomena of temperature, rainfall and winds, are due to purely terrestrial causes and that no changes occur in the sun's radiation which have any influence upon them«. Wir haben ja im Gegenteil gefunden, daß die Schwankungen in der Sonnentätigkeit einen großen Einfluß auf die Schwankungen im Luftdruck, in der Temperatur und im Niederschlag haben, und wir sind unsererseits zu dem Schluß gekommen, daß es hier die Luftdruck-Verteilung ist, die in erster Linie beeinflusst wird und die Wirkung auf die anderen meteorologischen Elemente vermittelt.

Luftdruck-Verteilung und Sonnentätigkeit.

Bei unseren früher beschriebenen Untersuchungen der Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur des Meeres fanden wir bereits, daß diese in großem Umfang von der Luftdruck-Verteilung bestimmt werden, d. h. von den Winden in den einzelnen Monaten. Schon dies müßte den Gedanken darauf hinlenken, die Erklärung hier zu suchen.

Unsere Untersuchungen über die Luftdruck-Schwankungen an den verschiedenen meteorologischen Stationen an Land lieferten jedoch kein positives Ergebnis, das zur Erklärung des Zusammenhangs zwischen den atmosphärischen Schwankungen und der Sonnentätigkeit dienen könnte. Aber deshalb ist es nicht ausgeschlossen, daß die Erklärung in verschiedenartiger Unruhe in der Atmosphäre gesucht werden kann; denn für die Unruhe in der Atmosphäre, oder die Schwankungen in der Luftzirkulation über größere Gebiete, geben ja die Schwankungen im Luftdruck an den einzelnen Stationen als Regel keinen brauchbaren Ausdruck. Einen solchen Ausdruck sollte man eher in den Schwankungen der Luftdruck-Gradienten in den verschiedenen Gebieten suchen können. Am leichtesten würde es sein, diese Schwankungen in den Gradienten zu untersuchen, wenn man

nur die Differenz im Luftdruck zwischen zwei bestimmten Stationen benutzen könnte; aber wir haben früher in einer andern Verbindung die damit verbundenen Schwierigkeiten erwähnt (s. S. 29 u. 95).

Luftdruck-Differenz Colombo-Hyderabad.

Wir haben trotzdem einen solchen Versuch gemacht, für ein Gebiet, mit dem wir uns schon sehr viel befaßt haben, indem wir die Luftdruck-Differenz für jeden Monat zwischen Colombo (auf Ceylon) und Hyderabad (in Nordindien) berechnet haben. Es ist zu bemerken, daß die Luftdruck-Differenz zwischen diesen Stationen im Lauf des Jahres invertiert wird, da das Luftdruck-Maximum im Winter nördlich von Indien liegt, in Innerasien, und im Sommer südlich davon, während das innere Asien dann ein Luftdruck-Minimum hat; dadurch werden ja auch die Schwankungen in den Monsun-Winden bedingt.

Fig. 91, Kurve II stellt die fortlaufenden 12-Monatsmittel der Luftdruck-Differenz zwischen Colombo und Hyderabad dar. Kurve III stellt die fortlaufenden 12-Monatsmittel der Lufttemperatur für Batavia dar. Wie man sehen wird, verlaufen die größten Schwankungen in diesen zwei Kurven so ziemlich genau umgekehrt zu einander. Eine gesteigerte Luftdruck-Differenz zwischen Colombo und Hyderabad entspricht einer niedrigeren Temperatur in Batavia, und umgekehrt. Dies war ja auch zu erwarten: Wenn die jährliche Luftdruck-Differenz gering ist, wenn also im Laufe des Jahres verhältnismäßig geringe durchschnittliche Bewegung in der Luft ist, so wird die Temperatur in Batavia steigen, und umgekehrt.

Kurve I b stellt die Temperatur-Schwankungen in Bombay nach 1900 dar [nach Arctowski 1912] in 12-monatlich fortlaufend ausgeglichenen Werten. Wie erwähnt, verläuft diese Kurve in diesem Zeitraum umgekehrt zur Temperatur-Kurve für Batavia und folgt somit der Kurve für die Luftdruck-Differenz zwischen Colombo und Hyderabad. Wenn wir indessen die Temperatur-Schwankungen in Bombay weiter zurück in der Zeit verfolgen, werden wir, wie erwähnt, sehen, daß sie in derselben Richtung gehen wie in Batavia, und also umgekehrt wie die Schwankungen in der Luftdruck-Differenz. Dies wird man aus der Kurve I a für die Jahre 1880—89 [nach Arctowski 1915] und ferner aus der Kurve IV ersehen. In Ermangelung der 12-monatlich fortlaufend ausgeglichenen Temperaturwerte für die ganze Zeit haben wir, wie auf S. 198 erwähnt, hier eine Kurve nur mit Hilfe der mittleren Temperaturen für jedes Jahr dargestellt. Sie ist selbstverständlich nicht so genau, wie die, welche auf den 12 monatlich fortlaufend ausgeglichenen Werten beruhen, aber sie gibt trotzdem den Charakter in den Schwankungen wieder. Während die Schwankungen in

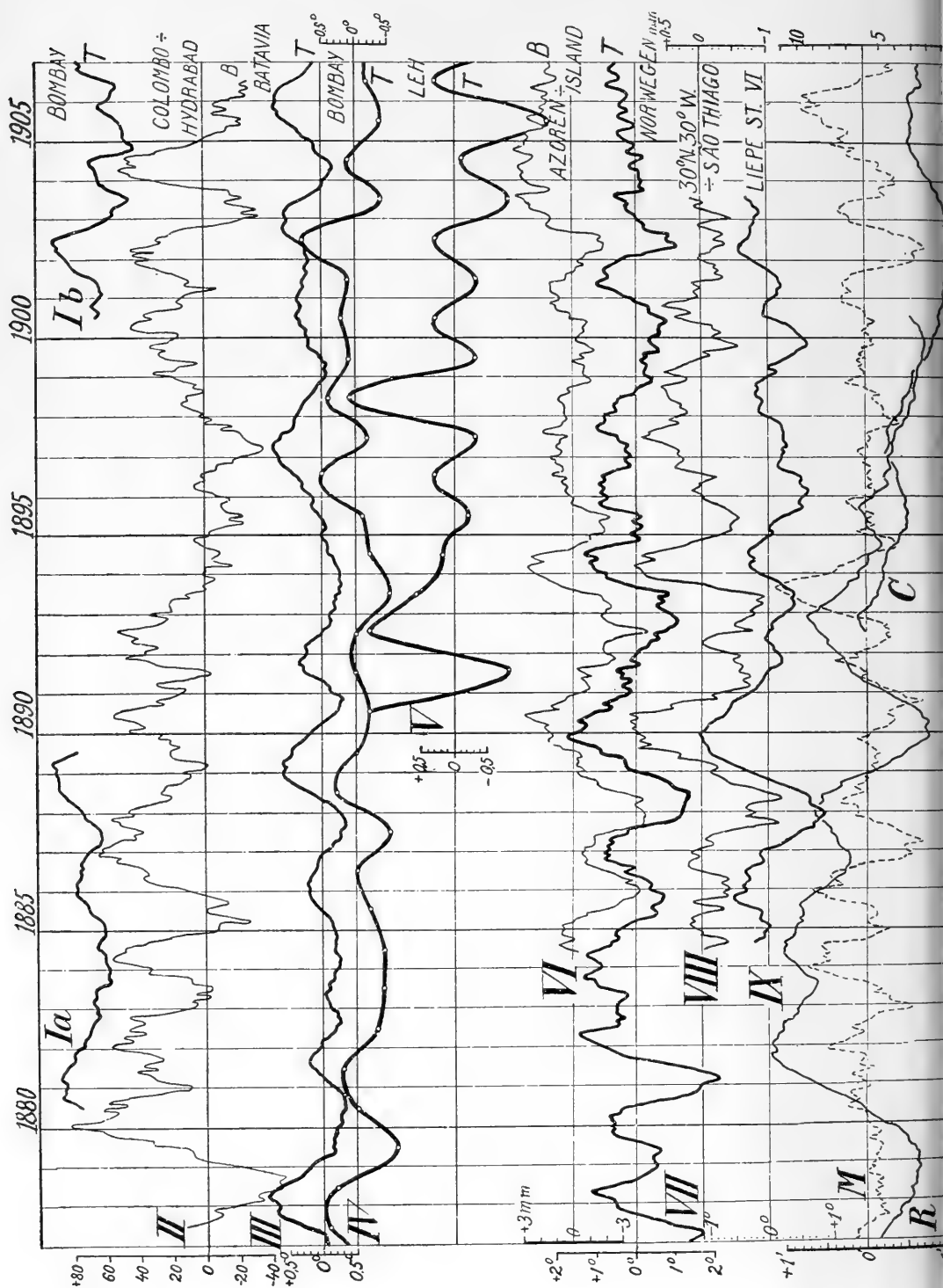


Fig. 91. Kurven Ia und Ib: Temperatur in Bombay (nach Arctowski). II: Anomalien der Luftdruck-Differenzen zwischen Colombo und Hyderabad. III: Temperatur-Anomalien für Batavia. IV: Jahresmittel der Temperatur-Anomalien für Leh. V: Jahresmittel der Temperatur-Anomalien für ganz Norwegen. VI: Anomalien der Luftdruck-Differenzen zwischen dem azorischen Maximum und dem isländischen Minimum. VII: Temperatur-Anomalien für ganz Norwegen. VIII: Anomalien der Luftdruck-Differenzen zwischen 30° N., 30° W. und São Thiago. IX: Anomalien der Oberflächen-Temperatur an Liepes Station VI (18° N., 21° W.). M: Anomalien der täglichen Variation der magnetischen Deklination in Kristiania, die sukzessiven 12-Monats-Mittel minus die sukzessiven 36-Monats-Mittel (Skala links). R, C: Sukzessive 12-Monats-Mittel der täglichen Anzahl von Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom (R) und Catania (C). Alle Kurven außer IV und V stellen fortlaufende 12-Monats-Mittel dar.

dieser Kurve nach etwa 1896 umgekehrt wie die Schwankungen in der Temperatur-Kurve für Batavia verlaufen, so gehen sie vor dieser Zeit sehr ähnlich den Schwankungen in der Batavia-Kurve und deshalb umgekehrt wie die Schwankungen in der Luftdruck-Differenz zwischen Colombo und Hyderabad.

Dies ist also derselbe oft wahrgenommene plötzliche Umschlag in der Übereinstimmung zwischen zwei Kurven, wobei die eine anfänglich mit der andern übereinstimmt, um plötzlich die umgekehrte Richtung zu dieser Kurve einzuschlagen. Dies kann für die Übereinstimmung zwischen zwei Temperatur-Kurven aus sehr verschiedenen Regionen der Erde gelten, und auch für die Übereinstimmung zwischen einer Temperatur-Kurve und einer Luftdruck-Kurve. Wir wollen übrigens darauf aufmerksam machen, daß der Zeitpunkt etwa um das Jahr 1896 — wo die oben erwähnten Kurven plötzlich den entgegengesetzten Verlauf einschlagen — gerade der Zeitpunkt zwischen 1894 und 1897 ist, wo die Sonnentätigkeit plötzlich Unregelmäßigkeiten aufwies, u. a. dadurch, daß die Kreuzung der Kurven für die erweiterten »bekannten« und »unbekannten« spektroskopischen Linien ausblieb (siehe oben S. 162 u. 164). Die meisten terrestrischen und solaren Kurven (vgl. z. B. Fig. 91, Kurven M und C, und die Kurven Fig. 95 und 96) zeigen auch eine ausgeprägte Veränderung ihrer Charakter gerade zu dieser Zeit.

Kurve V, Fig. 91, stellt die Temperatur-Schwankungen an der hochgelegenen Station Leh in Nordindien am Himalaya dar. Man wird sehen, daß die Temperatur-Schwankungen an dieser Station sehr gut mit den Schwankungen in der Luftdruck-Differenz zusammenfallen, so daß hohe Luftdruck-Differenz hohe Temperatur ergibt und umgekehrt. Dies ist auch nur, was wir uns für diese Gebirgsstation erwarten konnten.

Auf derselben Figur ist eine Kurve (VII) für die Anomalien der Lufttemperatur in Norwegen wiedergegeben. Wenn man sich eine Phasenverschiebung von einigen Monaten denkt, um welchen Zeitraum die Temperatur-Schwankungen in Norwegen den Schwan-

kungen in der Luftdruck-Differenz zwischen Colombo und Hyderabad vorausgehen, so wird man sehen, daß die Kurven II und VII im großen ganzen eine gewisse Übereinstimmung zeigen, d. h. verhältnismäßig hohe Temperatur in Norwegen tritt etwas vor einer verhältnismäßig großen Luftdruck-Differenz in Indien auf, und umgekehrt.

Nach dem was wir zu Beginn schon sagten, konnten wir keine besseren Ergebnisse bei einer derartigen Zusammenstellung der Temperatur mit den Luftdruck-Differenzen zwischen zwei festen Punkten erwarten. Von größerer Wichtigkeit wäre es selbstverständlich gewesen, wenn wir die Schwankungen in der Differenz zwischen den beiden Aktionszentren untersucht hätten, die bis zu gewissem Grade ja in den verschiedenen Jahren ihren Platz wechseln können.

Schwankungen des NO-Passates und der Oberflächen-Temperatur.

Liepe hat betont, daß Schwankungen in der Stärke des Nordostpassats Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur für die Stationen hervorrufen müssen, die im Passatgebiet liegen. Er meinte nachweisen zu können, daß ein gesteigerter Passat in der Regel ein Sinken der Temperatur hervorrufe und umgekehrt. Als Maß für die Schwankungen in der Stärke des Passates benutzte er die Luftdruck-Differenz zwischen einem Punkt, der auf 30° N-Br. und 30° W-Lg. lag, und dem Luftdruck bei São Thiago (auf den Cap Verde Inseln).

Wir haben durch fortlaufende 12-Monats-Mittel die von Liepe veröffentlichten [1911, S. 482] Anomalien für diese Luftdruck-Differenz ausgeglichen und sie in Kurve VIII auf Fig. 91 dargestellt, zusammen mit Kurve IX für die Temperatur an Liepes Station VI, die gerade im Gebiete dieser Luftdruck-Differenz liegt. (Man bemerke, daß diese Temperatur-Kurve umgekehrt gezeichnet ist). Die Kurve für diese Luftdruck-Differenz ist übrigens auch auf Fig. 56 wiedergegeben (umgekehrt gezeichnet). Man wird sehen, daß für alle Schwankungen von wenigen Jahren eine sehr genaue Übereinstimmung zwischen der Luftdruckgradienten-Kurve und der Temperatur-Kurve für Station VI besteht, wie übrigens auch mit den Temperatur-Kurven für Liepes Stationen III, IV und V (vgl. Fig. 56 und 59). Es kann kaum zweifelhaft sein, daß die Schwankungen im Luftdruck-Gradienten — d. h. in der Stärke des Passates — hier eine wesentliche Ursache zu den geringjährigen Temperatur-Schwankungen in den genannten Feldern bilden. Indessen kann Zweifel darüber herrschen, ob dies auch für die Schwankungen mit längeren Perioden der Fall ist.

Wir sehen auf Fig. 91, daß die Kurven VIII und IX für die erste Zeit bis 1892 dicht zusammenliegen, dann aber sich allmählich von einander

entfernen, um darauf im Jahre 1902 sich einander wieder zu nähern. Die Temperatur wird bei Station VI, wie auch bei den anderen Liepeschen Stationen, im Zeitraum von 1893—1902 bedeutend höher, als sie im Verhältnis zur Kurve des Luftdruck-Gradienten sein sollte.

Dieses Verhältnis tritt noch deutlicher hervor, wenn wir die durch kombinierte zwei- und dreijährige Ausgleichung erzielten Kurven auf Fig. 85 mit einander vergleichen, wo Kurve B dieselbe Luftdruck-Differenz im Passatgebiet wiedergibt, und die Kurven I—VIII die Temperatur an Liepes Stationen. Wir sehen, daß hier Kurve B sehr gut mit den Temperaturkurven für Liepes Stationen III—VI für den ersten Teil der Zeit bis 1892 übereinstimmt, aber nach dieser Zeit besteht geringe Übereinstimmung zwischen der Luftdruck-Kurve und den Temperatur-Kurven, da ja die kombinierte zwei- und dreijährige Ausgleichung die kürzeren Schwankungen eliminiert hat, die in den Kurven auf Fig. 91 und Fig. 56 so große Übereinstimmung zeigen. Wir müssen deshalb annehmen, daß hier in dieser Zeit andere Faktoren hinzugekommen sind. Es ließe sich z. B. denken, daß das von dem Kanarischen Oberflächenstrom vom Norden her geführte Wasser selbst seine Temperatur gewechselt hat. Liepe ist ebenfalls darauf aufmerksam gewesen, daß Temperatur-Schwankungen auf diese Weise entstehen können. Die Temperatur an Liepes Station I und teilweise an Station II war besonders hoch in den Jahren 1893—1900. Es ließe sich denken, daß solch warmes Wasser, wenn es südwärts geführt wird, dazu beigetragen hat, einen Temperaturfall den Windverhältnissen entsprechend zu verhindern.

Kehren wir jetzt zu Fig. 91 zurück und vergleichen wir die Kurve für den erwähnten Luftdruck-Gradienten (Kurve VIII) mit der Kurve II für die Luftdruck-Differenz Colombo-Hyderabad, so sehen wir, daß die Schwankungen in diesen beiden Kurven zu einzelnen Zeiten die Neigung haben, umgekehrten Verlauf zu zeigen (eine geringe Luftdruck-Differenz in Indien im Jahre 1897 fällt z. B. mit einer verhältnismäßig großen Luftdruck-Differenz im NO-Passat zusammen). Zu anderen Zeiten verlaufen sie in derselben Richtung, wie z. B. große Luftdruck-Differenzen im NO-Passat in den Jahren 1886—87 und 1889—90 mit entsprechenden in der Kurve für Colombo-Hyderabad zusammenfallen, usw.

Die Luftdruck-Differenzen des Nortatlantiks und die Temperatur-Schwankungen.

Um aber einen näheren Einblick in die Schwankungen in der Dynamik der Atmosphäre zu erhalten, wird es selbstverständlich nötig sein, die Schwankungen in den verschiedenen Aktionszentren selbst zu studieren,

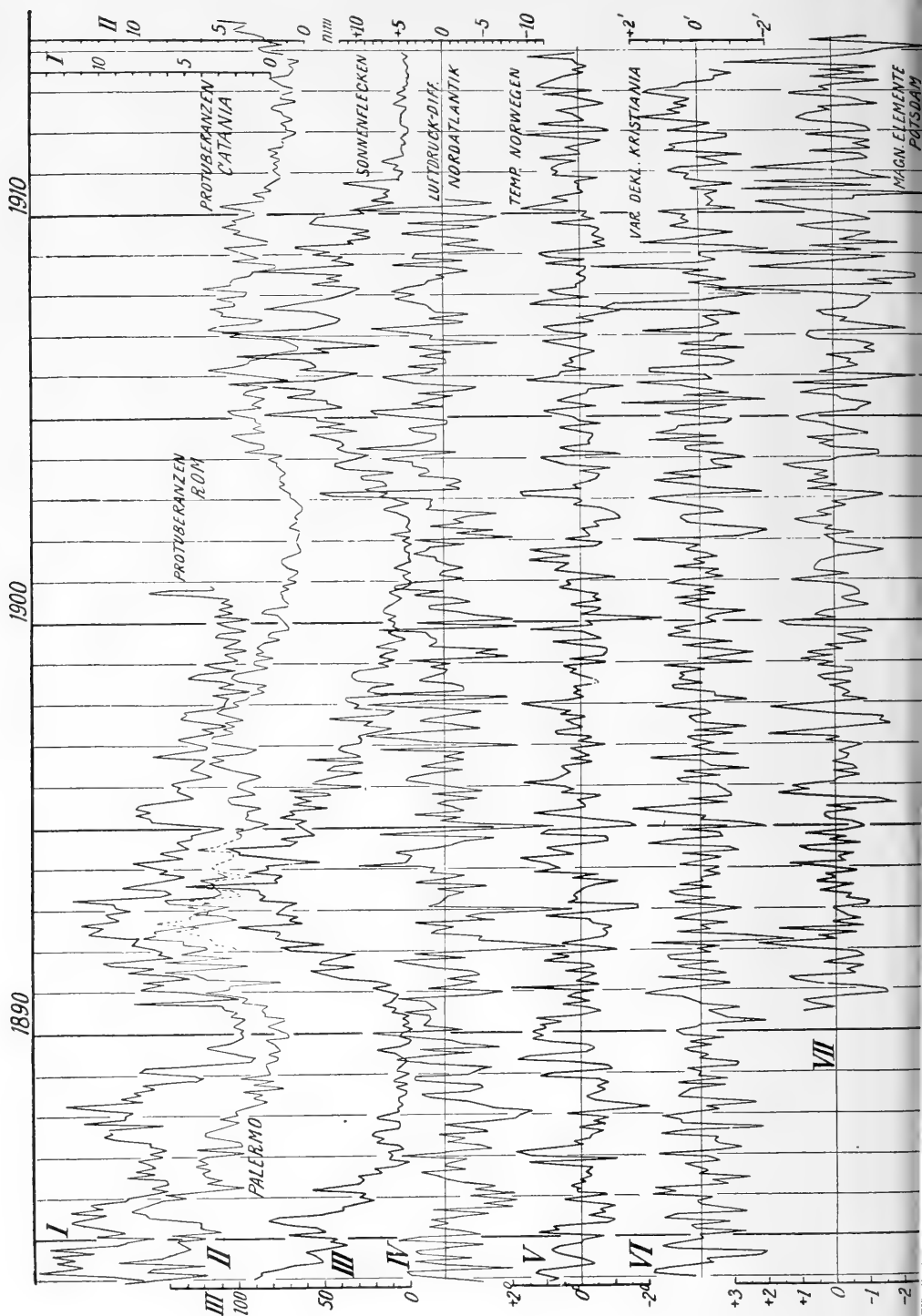


Fig. 92. Monats-Mittel I: der täglichen Anzahl von Protuberanzen nach Beobachtungen in Palermo und Catania; II: der Sonnenflecken (beobachtete Relativzahlen nach Wolfer); III: der Anomalien der täglichen Variation der Deklination in Kristiania minus die sukzessiven 12-Monats-Mittel; IV: der Anomalien in Norwegen; V: der Anomalien der Charakterzahlen der drei magnetischen Elemente in Potsdam minus die sukzessiven 12-Monats-Mittel.

anstatt nur die Luftdruck-Differenzen zwischen einigen verschiedenen festen Punkten. Es müßte dann von Bedeutung sein, sowohl die Schwankungen in der Stärke der Aktionszentren zu untersuchen, wie die Schwankungen in ihrer Lage zu den verschiedenen Zeiten. In erster Linie sollte es nahe liegen zu untersuchen, ob nicht die Differenz zwischen einem Luftdruck-Maximum und einem naheliegenden Luftdruck-Minimum zahlenmäßige Werte für die schwankende Unruhe in der Atmosphäre ergeben würde. Für uns müßte es dann am nächsten liegen, an eins der ausgeprägtesten *Luftdruck-Minima* auf der Erde zu denken, nämlich an das sogenannte *isländische*, und dessen Nachbargebiet im Süden, das sogenannte *azorische Luftdruck-Maximum*. Beide haben den Vorteil, daß sie sehr beständige Bildungen sind; sie halten sich das ganze Jahr über im Gegensatz zu den kontinentalen Aktionszentren, die meist von Maximum zu Minimum, von Winter zu Sommer wechseln.

Um einen völlig befriedigenden Ausdruck für den atmosphärischen Zustand über diesem Teil der Erde zu bekommen, würde es nötig sein, nicht nur die Differenz zwischen dem Druck in diesen beiden Aktionszentren zu studieren, ungeachtet ihrer Lage, sondern auch den Abstand zwischen den Zentren (dem Gradienten) und der Richtung und der Lage der Verbindungslinie zwischen ihnen mit in Berechnung zu ziehen. Eine solche Untersuchung muß notwendigerweise etwas weitläufig werden; wir hoffen, sie später ausführen zu können. Vorläufig haben wir uns darauf beschränken müssen, nur für jeden Monat die Differenz zwischen der Größe des Drucks im Gebiet des Maximums und Minimums zu bestimmen, ungeachtet der Schwankungen in deren Lage. Es zeigt sich indessen, daß die Luftdruck-Schwankungen im Maximum-Gebiet so gering sind, daß schon die bedeutend größeren Schwankungen im Minimum-Gebiet beinahe dasselbe Ergebnis liefern würden, das man erhält, wenn man die Differenzen zwischen Maximum und Minimum nimmt.

Zu dieser Untersuchung haben wir die Karten über die durchschnittliche Druckverteilung über dem Atlantischen Ozean für jeden Monat benutzt, die von dem Meteorologischen Institut zu Kopenhagen zusammen mit der Seewarte in Hamburg veröffentlicht worden sind, indem wir einfach die Werte für

die höchste und niedrigste Isobare in diesen beiden Gebieten angemerkt haben. Da das sogenannte isländische Minimum in einzelnen Monaten in zwei oder mehrere Minima zerfallen kann, erweist es sich in einigen Fällen schwierig zu entscheiden, welches von ihnen man wählen soll, um die gewünschte Gleichartigkeit in der Untersuchung zu erreichen. Das am stärksten ausgeprägte Minimum könnte in einzelnen Monaten bis ganz hinauf in das Barents-Meer oder gegen das Karische Meer verrückt sein, oder auch nach der andern Seite hinauf bis nach der Baffins Bucht, oder nach dem Nordamerikanischen Arktischen Archipel. Aber nur in Ausnahmefällen konnte doch die Wahl überhaupt zweifelhaft sein.

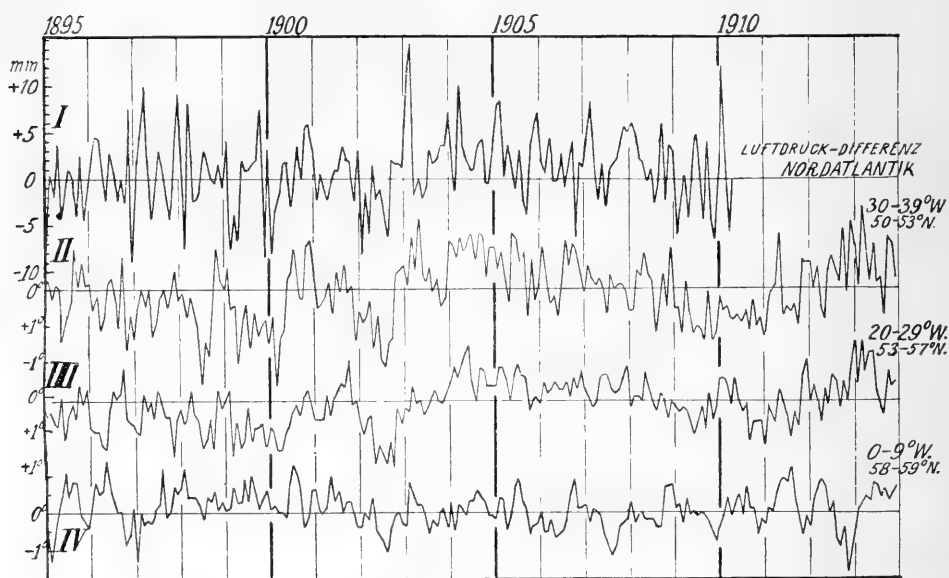


Fig. 93. Monatsmittel I: der Anomalien der Luftdruck-Differenzen des Nordatlantiks; II: der Anomalien der Oberflächen-Temperatur im Feld auf $30-39^{\circ}$ W., $50-53^{\circ}$ N. (Skala umgekehrt); III: do. do. auf $20-29^{\circ}$ W., $53-57^{\circ}$ N. (Skala umgekehrt); IV: do. do. auf $0-9^{\circ}$ W., $58-59^{\circ}$ N.

In Kurve IV, Fig. 92, haben wir die gefundenen Monatsmittel der Luftdruck-Differenzen im Nordatlantischen Ozean im Zeitraume 1884—1910 graphisch dargestellt. Ferner haben wir in Kurve V die monatliche Schwankungen in der Lufttemperatur in ganz Norwegen wiedergegeben. Auf Fig. 93 haben wir in Kurve I ebenfalls die monatlichen Schwankungen in den Luftdruck-Differenzen und in den Kurven II und III die monatlichen Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur in den dänischen Feldern auf $30-39^{\circ}$ W-Lg. und $20-29^{\circ}$ W-Lg. dargestellt (beide Kurven sind umgekehrt) und schließlich auch in Kurve IV diejenigen auf $0-9^{\circ}$ W-Lg. Auf Fig. 94 haben wir die Kurven für die erwähnte Luftdruck-Differenz

im Nordatlantik wiedergegeben, für die Luft-Temperatur in ganz Norwegen und für die Oberflächen-Temperatur in den drei dänischen Feldern, alle in fortlaufender 12-monatlicher Ausgleichung.

Betrachten wir nun zuerst diese letztgenannten Kurven, so muß es überraschen, welch auffallende Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Kurven unter einander besteht, besonders zwischen der Kurve I für die Luftdruck-Differenz im Nordatlantik und der Kurve II für die Luft-Temperatur in ganz Norwegen. Diese beiden Kurven stimmen ja bis auf die kleinsten Einzelheiten mit einander überein, so daß beinahe jede kleine Buchtung oder Welle in der Kurve für die Luftdruck-Differenz meist ein wenig später in der Temperaturkurve für Norwegen wiederkehrt. Dies muß mit anderen Worten besagen, daß die kürzeren geringjährigen Schwankungen in der Luft-Temperatur in Norwegen in wesentlichem Grad von der Luftdruck-Differenz im Nordatlantik abhängig sind, und zwar in der Weise, daß eine Steigerung des Luftdruck-Gradienten, d. h. eine Steigerung der Luftzirkulation, über dem Atlantischen Ozean einer Erhöhung der Temperatur in Norwegen entspricht und umgekehrt. Für die Schwankungen während längerer Zeiträume kann es sich doch etwas anders verhalten, wie die Kurven I und II zeigen.

Sehen wir uns indessen jetzt das Verhältnis zwischen der Oberflächen-Temperatur in den westlichsten dänischen Feldern (Kurven III und IV) und der Luftdruck-Differenz über dem Nordatlantischen Ozean näher an, so finden wir den umgekehrten Fall, nämlich, daß auf eine Steigerung des Luftdruck-Gradienten, d. h. also eine Vermehrung der Luftzirkulation, über dem Atlantischen Ozean ein Sinken der Oberflächen-Temperatur für diese dänischen Felder folgt, und umgekehrt. (Man beachte daß die Kurven III und IV umgekehrt sind). In dem östlichsten dänischen Feld, zwischen 0° und 10° W-Lg. ist das Verhältnis teilweise umgekehrt. Dort wird auf eine Steigerung des Luftdruck-Gradienten, teilweise wenigstens, ein Anstieg in der Temperatur folgen, also in derselben Weise, wie es in Norwegen der Fall ist, aber doch mit beträchtlich geringerer Regelmäßigkeit, da die Verhältnisse in diesem östlichsten dänischen Feld teilweise eine Mischung der Verhältnisse darstellen, wie sie in Norwegen und in den westlichen dänischen Feldern sind.

Wir haben schon früher hervorgehoben, daß eine auffällige Ähnlichkeit zwischen den Kurven für dieses östlichste dänische Feld — und zum Teil auch für das Feld weiter westlich zwischen 10° und 20° W-Lg. — und den Kurven für die Felder weiter südlich im östlichen Teil des Atlantischen Ozeans besteht, wie z. B. den Kurven für Petersens Stationen I und II und Liepes nördlichsten Stationen I–III. Wir haben ferner auch die

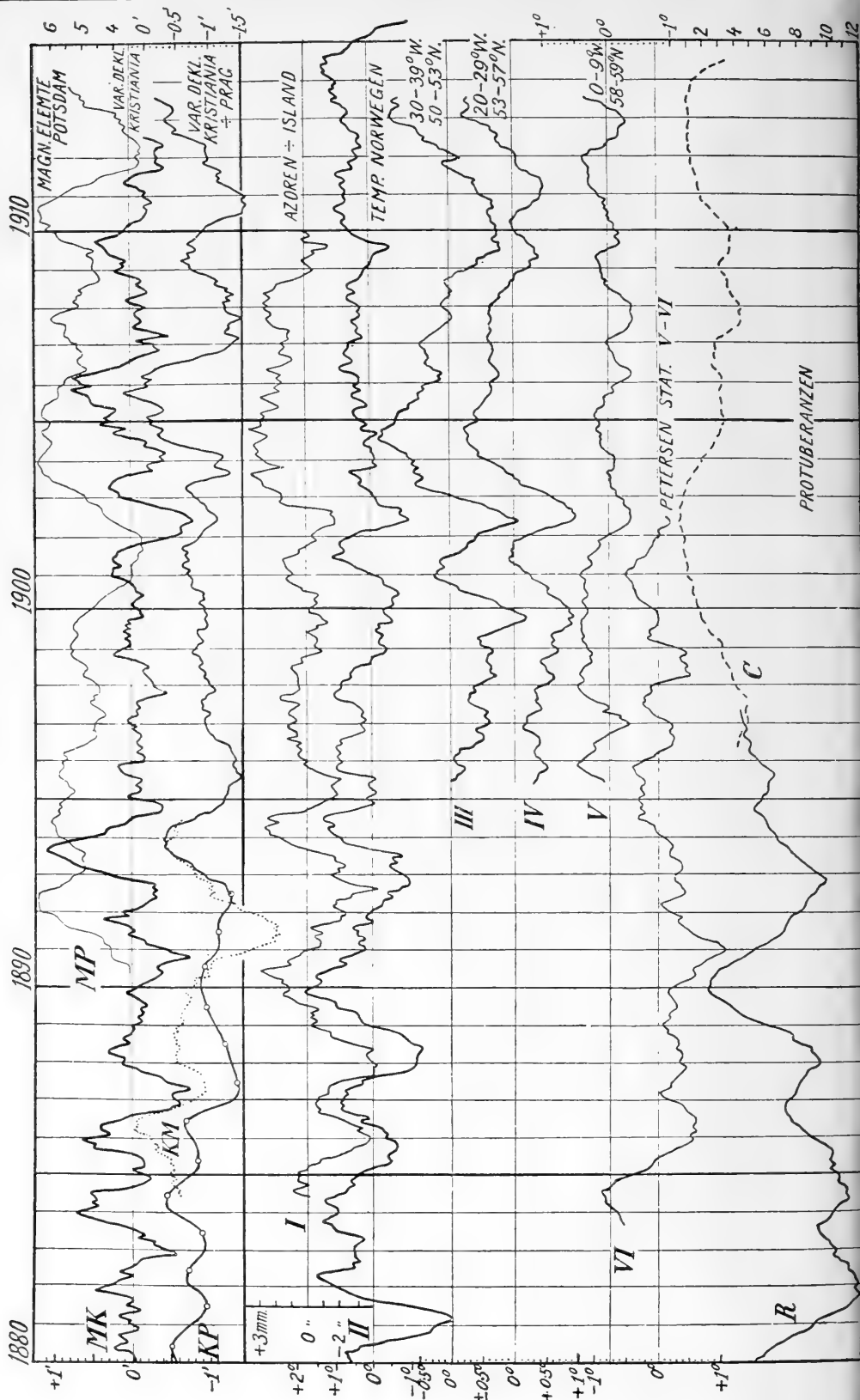


Fig. 94. Sukzessive 12-Monatsmittel I; der Anomalien der Luftdruck-Differenz des Nordatlantiks; II; der Temperatur-Anomalien in Norwegen; III—VI; der Temperatur-Anomalien der Meeresoberfläche in den Feldern auf $30-39^{\circ}$ W., $50-53^{\circ}$ N., auf $20-29^{\circ}$ W., $53-57^{\circ}$ N. (für Kurven III und IV Skala umgekehrt), auf $0-9^{\circ}$ W., $58-59^{\circ}$ N., und an Petersens Stationen V—VI (31° u. 36° W. $45-49^{\circ}$ N.); R und C; der täglichen Anzahl von Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom (R) und in Catania (C); MP; der Charakterzahlen der drei magnetischen Elemente in Potsdam; KM; der täglichen Variation der Deklination in Kristiania minus die tägliche Deklinations-Variation in Mailand; KP; do. do. Kristiania minus Prag (für die Jahre 1880—1892 sind nur die Jahresmittel dieser Differenz berechnet worden). — MK: Sukzessive 12-Monatsmittel minus sukzessive 36-Monatsmittel der täglichen Deklinations-Variation in Kristiania.

Ähnlichkeit zwischen der Februar-Kurve für das östlichste dänische Feld auf $0-9^{\circ}$ W.-Lg. und den Februar-Kurven für die östlichsten der von uns untersuchten Feldern weiter südlich in der Schifffahrtstrasse Kanal—New-York betont, wie auch im Gebiet Portugal-Azoren. Hieraus müssen wir den Schluß ziehen können, daß die Temperatursteigerung über Nordeuropa, die einer vermehrten Luftzirkulation folgt, auch für die Oberflächen-Temperatur über großen Gebieten des östlichsten Teils des Atlantischen Ozeans gilt.

Hierdurch finden wir eine gute Erklärung für den teilweisen Gegensatz, den wir früher zwischen den Temperaturkurven für die mittleren und die östlichsten Teile des Atlantischen Ozeans gefunden haben. Daß dieses Gegensatzverhältnis nicht vollständiger ist, als wir es gefunden haben, wird ferner dadurch erklärt, daß diese östlichen Felder weiter südlich, vor dem Kanal und Portugal, in einer Übergangszone zwischen zwei verschiedenen Aktionsgebieten liegen, wo die Temperatur-Schwankungen entgegengesetzten Verlauf haben und deshalb bald von dem einen, bald von dem andern Gebiet beeinflusst werden, in derselben Weise, wie schon Hildebrandsson betont hatte.

Weiter nach Süden im Gebiet des Passates verlaufen die Temperatur-Schwankungen (im östlichen Teil des Ozeans) umgekehrt zu der Richtung, die sie weiter nördlich einschlagen, da diese ja hier — wie wir schon früher erwähnt haben — zum großen Teil von den Schwankungen in der Stärke des Passates abhängig sind. Ein gesteigerter Passat bedingt ein Sinken der Temperatur und umgekehrt. Nun verhält es sich aber so, daß die Schwankungen im NOPassat — d. h. die Schwankungen im Luftdruck-Gradienten im Passatgebiet — mit den Schwankungen in der Luftdruck-Differenz im Nordatlantischen Ozean zusammenfallen, was aus einer Vergleichung der Kurven VIII und VI auf Fig. 91 klar hervorgeht. Diese beiden Kurven stimmen gegenseitig auffallend gut überein, zum Teil bis auf ihre Einzelheiten. Da nun indessen die Schwankungen in der Luftdruck-Differenz mit den Schwankungen in der Temperatur

in Norwegen übereinstimmen, während dagegen die Schwankungen im Luftdruck-Gradienten im Passatgebiet umgekehrt mit den Temperatur-Schwankungen an Liepes Stationen im Passat stimmen, so folgt hieraus, daß die Temperatur-Schwankungen an den letzteren einen umgekehrten Verlauf zu den Temperatur-Schwankungen in Norwegen haben müssen, was ja auch durch einen Vergleich der umgekehrten Kurve IX für Liepes Station VI mit der direkten Kurve VII für die Temperatur in Norwegen (Fig. 91) bewiesen wird.

Wir sehen also, daß eine Steigerung in der Luftzirkulation entgegengesetzte Wirkung in den verschiedenen Gebieten hervorrufen kann, und diese Gebiete können oft nahe bei einander liegen, wie z. B. das östlichste dänische Feld auf $0-9^{\circ}$ W-Lg. und die westlichsten dänischen Felder auf $20-29^{\circ}$ und $30-39^{\circ}$ W-Lg. Dies gestattet uns einen tieferen Einblick in den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Typen der Temperatur-Schwankungen, die wir früher besprochen haben, und die auf den ersten Blick ziemlich gesetzlos zu sein scheinen. Die Erklärung des Verhältnisses liegt ja ziemlich nahe in den von uns angeführten Beispielen: eine gesteigerte Luftzirkulation — die wohl einer Steigerung der südwestlichen Winde über dem nordöstlichen Atlantischen Ozean und Nordeuropa entspricht, — wird ein Steigen der Temperatur in diesen Gebieten erzeugen. Diese gesteigerte Zirkulation wird aber, wenigstens in der Regel, eine entgegengesetzte Wirkung in dem nördlichen mittleren Teil des Nordatlantischen Ozeans haben (das hängt selbstverständlich bis zu gewissem Grad von der Richtung der Winde ab, wie früher erörtert wurde, vgl. S. 94 ff). Ferner wird eine Steigerung des Passates, die auch mit einer Steigerung der erwähnten Luftzirkulation zusammenhängt, die Wirkung haben, daß die Temperatur der Meeresoberfläche und der Luft im Passatgebiet sinken wird.

Wie wir früher hervorgehoben haben, zeigt jetzt die Kurve für das westlichste dänische Feld große Ähnlichkeit mit den Temperaturkurven für denselben Zeitraum von einer Reihe meteorologischer Stationen aus verschiedenen Erdteilen, während anderseits die skandinavischen Kurven für eine lange Reihe von Jahren Ähnlichkeit mit Temperaturkurven für andere Stationen aufweisen. Hieraus können wir schließen, daß die gefundenen Schwankungen in den nordatlantischen Aktionsgebieten nicht lokal sind, sondern ein Ausdruck für Schwankungen in der Erdatmosphäre sind.

Zu diesen Ergebnissen gelangen wir bei Untersuchung der Kurven, die fortlaufende 12-Monats-Mittel darstellen. Eine natürliche Frage ist es nun, ob diese Übereinstimmungen auch für die kurzen Schwankungen von Monat zu Monat gelten. Hierüber werden wir durch eine Untersuchung

der Kurven auf Fig. 92 und Fig. 93 zur Klarheit kommen. Wir sehen, daß z. B. auf die monatlichen Schwankungen im Luftdruck-Gradienten im Nordatlantik in großem Umfang entsprechende Schwankungen in der Luft-Temperatur in Norwegen folgen, zum Teil einen Monat später (vgl. Kurven IV und V auf Fig. 92). Die Übereinstimmungen sind bisweilen beinahe vollkommen, zu anderen Zeiten kann die Übereinstimmung jedoch weniger gut sein, sei es nun, daß dies wirklichen Unstimmigkeiten in den Schwankungen zuzuschreiben ist, oder auch Fehlern an den Luftdruck-Differenzen oder bei unserer rohen Bearbeitung derselben.

Früher haben wir die monatlichen Schwankungen in der Temperatur in Stockholm mit den Schwankungen in der Oberflächen-Temperatur an den Leuchtfeuer-Stationen längs der norwegischen Küste zusammengestellt (Fig. 53) und dabei eine auffallende Übereinstimmung gefunden, die auch bis in die geringsten Einzelheiten zutraf. Da die Schwankungen in diesen Gebieten wieder vollständig mit den Schwankungen in der Temperatur von ganz Norwegen übereinstimmen, so können wir also hieraus schließen, daß Schwankungen im Luftdruck-Gradienten im Nordatlantik von entsprechenden Schwankungen in der Temperatur ganz Skandinaviens und in der Küstentemperatur Norwegens begleitet sind. Aber die Wirkungen der Schwankungen des Luftdruck-Gradienten zeigen sich zuerst in der Luft-Temperatur Skandinaviens und etwas später in der Oberflächen-Temperatur längs der norwegischen Küste, was wir übrigens ja auch erwarten mußten.

Betrachten wir jetzt die Kurven auf Fig. 93, so werden wir sehen, daß die Übereinstimmung zwischen der Kurve für den Luftdruck-Gradienten über dem Nordatlantischen Ozean und den Kurven für die dänischen Felder in Einzelheiten weniger gut ist, als bei den oben besprochenen Kurven. Aber auch hier werden wir viele Übereinstimmungen finden. Bedenken wir, auf welch magerem Material unsere Temperatur-Kurven für die dänischen Felder fußen, so können wir kaum eine bessere Übereinstimmung erwarten.

Es scheint demnach mit aller Deutlichkeit hervorzugehen, daß die Temperatur-Schwankungen sowohl in der Oberfläche des Atlantischen Ozeans wie in der Luft-Temperatur über Nordeuropa selbst in den kleinen Schwankungen von Monat zu Monat in wesentlichem Grade von Schwankungen im Luftdruck-Gradienten über dem Nordatlantischen Ozean selbst abhängig sind, d. h. von der Zirkulation in der Atmosphäre im ganzen.

Luftdruck in Stykkisholm und Temperatur in Stockholm.

Die oben besprochene Reihe der Luftdruck-Differenzen über dem Nordatlantischen Ozean erstreckt sich nur über einen verhältnismäßig

kurzen Zeitraum von 1884 bis 1910. Um die Luftdruck-Schwankungen desselben Gebietes während einer längeren Jahresreihe mit der Temperatur in Skandinavien zu vergleichen, haben wir einen Versuch gemacht, die Luftdruck-Beobachtungen in Stykkisholm auf Island dazu zu benutzen; diese Station liegt ja in der Regel in der Nähe des isländischen Druck-minimums. J. Hann [1904] hat die Luftdrucks-Anomalien für Stykkisholm für die Zeit 1851—1900 zusammengestellt. Wir haben die fortlaufenden 12-Monatsmittel von diesen Anomalien berechnet und in Kurve I Fig. 95 dargestellt, zusammen mit der Kurve II für die in ähnlicher Weise ausgeglichenen Temperatur-Anomalien für Stockholm. Man sieht, daß diese zwei Kurven eine merkwürdig vollkommene Übereinstimmung aufweisen, die zum Teil bis in die kleinsten Einzelheiten geht. Dies zeigt ja besonders klar, welcher inniger Zusammenhang zwischen der Luftdruck-Verteilung über dem Nordatlantischen Ozean und den Temperatur-Schwankungen in Skandinavien bestehen muß.

Schwankungen in den Luftdruck-Gradienten und in der Sonnentätigkeit.

Die nächste Frage, die sich natürlich jetzt von selbst melden muß, ist, ob wir einen Zusammenhang zwischen den Schwankungen in dieser Luftdruck-Verteilung des Nordatlantischen Ozeans und den Schwankungen in der Sonnentätigkeit wiederfinden können?

Wenn wir das Verhältnis zwischen der Sonnentätigkeit und den terrestrischen Erscheinungen untersuchen sollen, stoßen wir, wie schon erwähnt, auf die Schwierigkeit, daß wir keinen sicheren Indikator für die Schwankungen der Sonnentätigkeit kennen. Vergleichen wir die Schwankungen in der Zahl von Protuberanzen und ferner in den magnetischen Elementen verschiedener Art, so finden wir, daß die Schwankungen in diesen verschiedenen Verhältnissen gegenseitig nicht übereinstimmen, sondern ziemlich verschiedenartig verlaufende Kurven ergeben können, und wir wissen nicht, welche von ihnen den korrektesten Ausdruck für die Schwankungen in der Sonnentätigkeit darstellen, oder richtiger gesagt in der Sonnentätigkeit, die die größte Bedeutung für die Schwankungen in den terrestrischen Verhältnissen haben. Dadurch werden wir sogar gezwungen, etwas im Blinden zu tasten, bis mehr Klarheit in diese Verhältnisse gebracht worden ist.¹

¹ KROGNESS nimmt an, daß „die magnetische Stürmischeit“ einen besseren Ausdruck für die Schwankungen der Sonnentätigkeit darstellt als die Relativzahlen der Sonnenflecken. Wenn man indessen die magnetischen Beobachtungen von verschiedenen Stellen der Erde vergleicht, findet man oft gegenseitige Unstimmigkeiten. Wir finden

Unsere Kurven für die Luftdruck-Differenz, für die Temperatur u. s. w. zeigen, wie bereits betont, daß es besonders die kürzeren Perioden von wenigen Jahren sind, die in den Schwankungen am stärksten hervortreten, und daß diese kürzeren Perioden teilweise die längeren elfjährigen Perioden überdecken. Es muß deshalb wohl naheliegen, in erster Linie das Verhältnis zwischen diesen kürzeren periodischen Schwankungen in der Luftdruck-Differenz und den entsprechenden kürzeren Schwankungen in der Sonnentätigkeit zu untersuchen.

Wir wollen von neuem die fortlaufend zwölfmonatlich ausgeglichenen Kurven betrachten, die diese kürzeren Schwankungen am klarsten wiedergeben. Auf Fig. 96 haben wir eine Kurve (III) für die Sonnenflecken und eine (II) für die Sonnenprotuberanzen wiedergegeben, wobei wir in beiden Kurven die elfjährige Periode eliminiert haben, indem wir von den sukzessiven 12-Monats-Mitteln die sukzessiven 36-Monats-Mittel abgezogen haben. Auf derselben Figur haben wir auch die entsprechende Kurve (I) für die tägliche Variation der Deklination in Kristiania wiedergegeben, wo die Elfjahrs-Periode in derselben Weise eliminiert ist. Wie wir sehen, fallen diese Kurven oft nicht zusammen.

Vergleichen wir jetzt die Sonnenflecken-Kurve und die Protuberanzen-Kurve mit Kurve IV für die Luftdruck-Differenz im Nordatlantik und den

demnach z. B., daß die Schwankungen in der täglichen Variation der Deklination oft sehr ungleichartig in Kristiania, Prag und Mailand sind [vgl. WOLFER, *Astronom. Mitt.* Nr. C für 1908], ebenso wie wir auch finden, daß die Kurven für die Störungsgrade der drei magnetischen Elemente in Potsdam sehr stark von der Kurve für die tägliche Variation der Deklination in Kristiania abweichen. Wenn diese magnetischen Schwankungen ein nur einigermaßen reines Bild von den Schwankungen in der Sonnentätigkeit geben würden, so müßte man größere Gleichartigkeit erwarten. Terrestrische und teilweise rein örtliche Verhältnisse spielen augenscheinlich eine so große Rolle für die magnetischen Störungen, daß die solaren Schwankungen mehr oder minder von ihnen verdeckt werden können und sich mit unsrer gegenwärtigen Kenntnis schwerlich oder unmöglich in befriedigender Weise analysieren lassen. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die magnetischen Perturbationen innerhalb des Nordlichtgürtels einen einigermaßen repräsentativen Ausdruck für entsprechende Störungen in der Sonnentätigkeit darstellen, jedenfalls einen viel besseren als auf niedrigeren Breiten, wo die Perturbationen so viel geringer sind. Aber vom Nordlichtgürtel kennen wir kein magnetisches Beobachtungsmaterial, das hinreichend viele Jahre umfaßt, um es für ein Studium der mehrjährigen oder vieljährigen Schwankungen benutzen zu können. Am besten geeignet für unseren Zweck sind die Beobachtungen, die seit 1843 an der Sternwarte zu Kristiania von der mittleren täglichen Variation der magnetischen Deklination ausgeführt worden sind. Professor H. GEELMUYDEN hat uns den großen Dienst erwiesen, uns eine eigenhändige Abschrift dieser Beobachtungen zur Verfügung zu stellen. In Tabelle 19 M findet man die von uns berechneten Monats-Anomalien für die Zeit nach 1860. Es ist erfreulich, daß jetzt eine so gute Beobachtungsstation wie das Haldde-Observatorium (Finnmarken) im Nordlichtgürtel errichtet ist; aber es hat vorläufig noch zu kurze Zeit gewirkt, als daß wir seine Messungen zum Studium der mehrjährigen Schwankungen benutzen könnten.

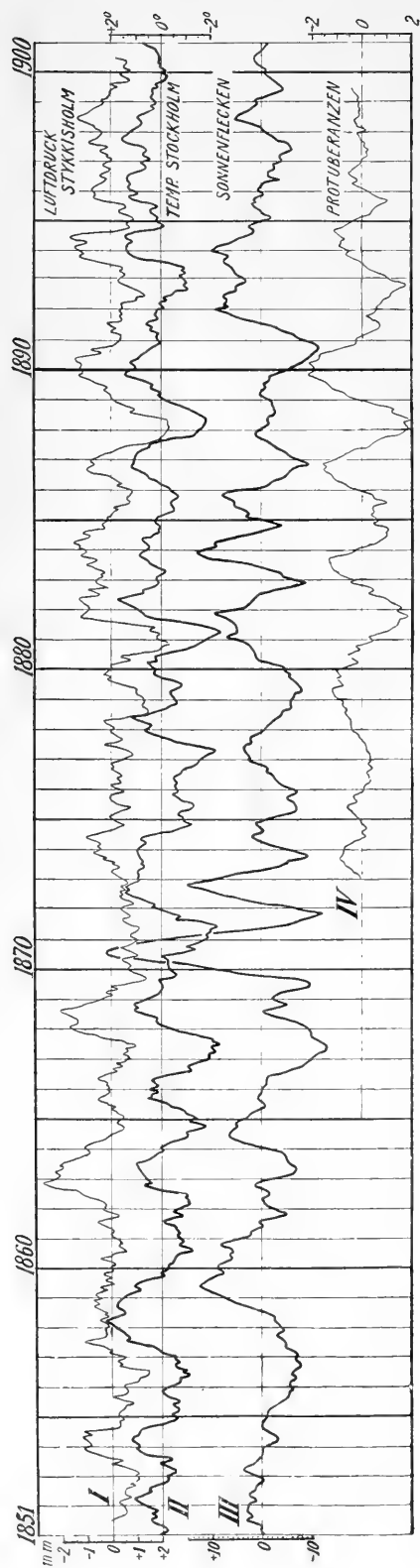


Fig. 95.

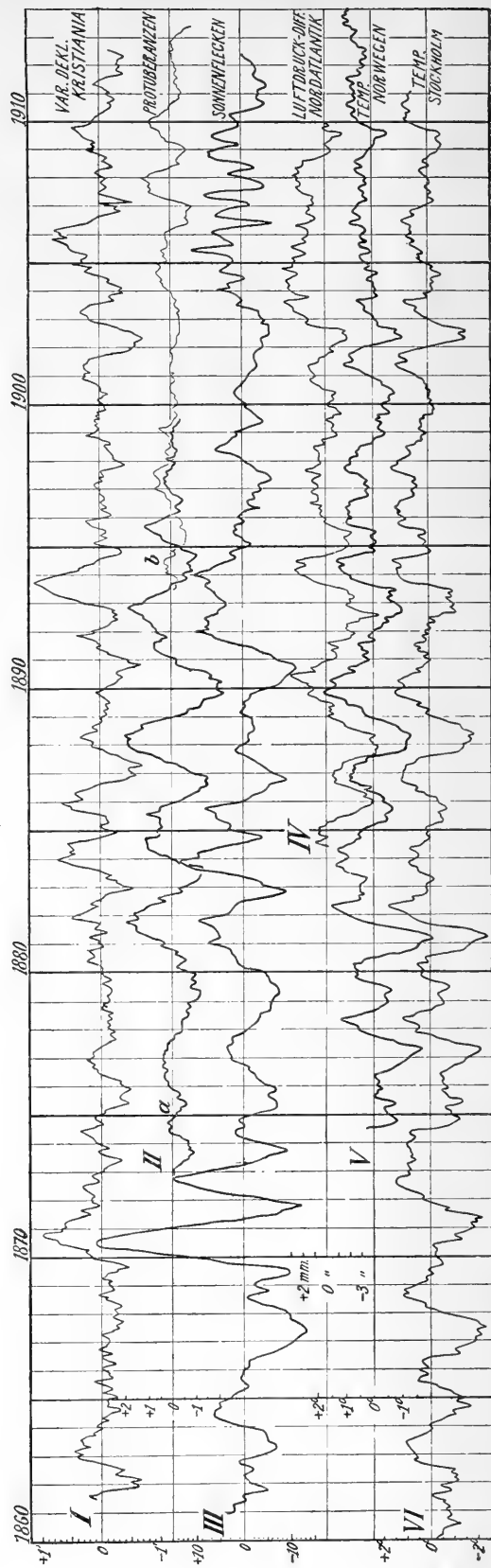


Fig. 96.

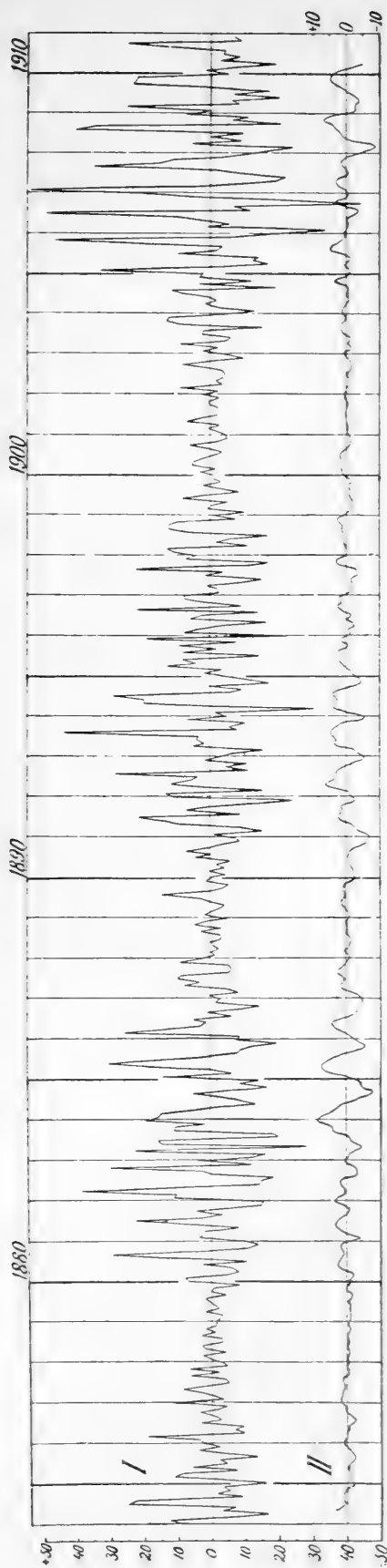


Fig. 97.

Fig. 95. Sukzessive 12-Monatsmittel für I: die Luftdruck-Anomalien in Stykkisholm (Island); II: Temperatur-Anomalien in Stockholm. Sukzessive 12-Monatsmittel minus sukzessive 36-Monatsmittel für III: die Relativzahlen der Sonnenflecken; II': die tägliche Anzahl von Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom. Skala rechts soll umgekehrt sein, mit steigenden Werten abwärts.

Fig. 96. Sukzessive 12-Monatsmittel minus sukzessive 36-Monatsmittel für I: die tägliche Deklinations-Variation in Kristiania; II: die tägliche Anzahl Protuberanzen nach Beobachtungen in Rom (a) und in Catania (b); III: die Relativzahlen der Sonnenflecken. Sukzessive 12-Monatsmittel II': der Luftdruck-Differenz über dem Nordatlantik; I': der Temperatur-Anomalien in Norwegen; II': der Temperatur-Anomalien in Stockholm.

Fig. 97. Kurve I: Monatsmittel der beobachteten Relativzahlen der *Sonnenflecken* minus die 12-monatlich ausgeglichenen Relativzahlen (nach Wolfer). Kurve II: Sukzessive 8-Monatsmittel der Werte, die in Kurve I dargestellt sind.

Kurven V und VI für die Temperatur in Norwegen und in Stockholm, so werden wir finden, daß es im großen ganzen aussieht, als ob die beiden ersteren Kurven ziemlich genau umgekehrt zu den beiden letzteren verlaufen, in der Zeit vor 1897 oder 1896, wo in allen Kurven große Schwankungen zutage treten. Für die Zeit nach der Mitte der neunziger Jahre und bis 1910 bekommen sie mehr das Aussehen von direkter Übereinstimmung (vgl. auch Fig. 75, Kurve II für die Küstenwasser-Temperatur in Norwegen).

Auf Fig. 95 haben wir dieselbe Kurve III für die Sonnenflecken gezeichnet und auch die umgekehrte Kurve IV für die Protuberanzen (nach den Beobachtungen in Rom). Die letzte Kurve zeigt eine zum Teil sehr gute Übereinstimmung mit der Kurve I für den Luftdruck in Stykkisholm. Es ist aber bemerkenswert, daß die Schwankungen in dieser umgekehrten Protuberanzen-Kurve zum Teil ein wenig später als die entsprechenden Schwankungen in der Luftdruck-Kurve kommen. In betreff des Verhältnisses zwischen diesen verschiedenen Kurven müssen wir sonst auf die Figuren selbst hinweisen.

Wir kommen später auf diese direkte oder umgekehrte Übereinstimmung zwischen den terrestrischen und solaren geringjährigen Schwankungen zurück. Zuerst wollen wir die kürzeren Schwankungen von Monat zu Monat erwähnen, die in den Kurven auf Fig. 92 dargestellt sind. Hier finden wir gerade etwas Ähnliches. In den Kurven I und II haben wir die monatlichen Schwankungen in der täglichen Anzahl von Protuberanzen nach den Beobachtungen in Rom, Palermo und Catania dargestellt. Wie man sehen wird, bestehen hier zwischen den verschiedenen Kurven beträchtliche gegenseitige Unstimmigkeiten, und allein schon aus diesem Grunde kann man kein besonders gutes Ergebnis bei einem Vergleich dieser Kurven mit den Kurven IV und V für die Luftdruck-Differenz und für die Temperatur in Norwegen erwarten. Man wird sehen, daß zu gewissen Zeiten die Schwankungen in diesen Kurven umgekehrt zu den Schwankungen in den Protuberanzen-Kurven verlaufen, zu anderen Zeiten aber denselben Weg gehen. Wenn man sich aber teilweise Gleichzeitigkeit und teilweise eine Verschiebung von einem oder zwei Monaten denkt, so wird man z. B. sehen, daß die Schwankungen in der Kurve für die Luftdruck-Differenz für die Zeit nach 1903 ganz gut mit den Schwankungen in der Protuberanzen-Kurve für Catania übereinstimmen.

In Kurve III haben wir die Monats-Schwankungen in den Sonnenflecken dargestellt; aber die Übereinstimmung zwischen dieser Kurve und Kurve IV für die Luftdruck-Differenz im Nordatlantischen Ozean ist ebenfalls nicht sonderlich groß. Bisweilen werden wir finden, daß die Schwan-

kungen von Monat zu Monat in den Sonnenflecken ziemlich genau umgekehrt verlaufen wie die Schwankungen in der Luftdruck-Differenz, zu anderen Zeiten werden wir dagegen finden, daß sie in derselben Richtung gehen. Es sieht aus, als ob bisweilen eine Verschiebung von einem Monat oder mehr bestehen kann, um welchen Zeitraum die Schwankungen in der Luftdruck-Differenz nach den Schwankungen in den Sonnenflecken kommen. Dies ist z. B. der Fall, wenn wir die großen Schwankungen in der Zeit nach 1903 betrachten.

In den Kurven VI und VII sind die monatlichen Anomalien für die tägliche Variation der Deklination in Kristiania und für den Störungsgrad der magnetischen Elemente in Potsdam dargestellt; die Schwankungen mit längeren Perioden sind eliminiert dadurch, daß die sukzessiven 12-Monats-Mittel von den direkt beobachteten Mittelwerten für jeden Monat abgezogen sind¹.

Wir sehen, daß diese beide Kurven gegenseitig eine besonders mangelhafte Übereinstimmung aufweisen, und vergleichen wir sie mit den Kurven für die Luftdruck-Differenz im Nordatlantik und für die Temperatur in Norwegen, so finden wir auch hier dieselben Verhältnisse, wie früher erwähnt, daß sie teils direkt wie diese Kurven verlaufen, teils umgekehrt. Es ist deshalb schwierig, eine feste Regel hierin zu finden. Wir wollen übrigens auf die Kurven selbst hinweisen, wo das Verhältnis ja leicht in die Augen fällt.

8-monatliche Periode in den Sonnenflecken und in der Luftdruck-Differenz über dem Nordatlantik.

Es ist namentlich von Prof. Birkeland betont worden, daß eine 8-monatliche Periode in den Sonnenflecken anzunehmen ist, die von der vereinigten Wirkung von Venus und Jupiter hervorgerufen werde, je nachdem diese in Conjugation oder in Opposition ständen. Eine solche 8-monatliche Periode haben wir auch wirklich in der Kurve I für die Sonnenflecken erhalten, die wir auf Fig. 97 wiedergeben. Die Kurve stellt die Differenz zwischen den beobachteten Relativzahlen und den 12-monatlich ausgeglichenen Relativzahlen für die Sonnenflecken dar (s. Wolfers Veröffentlichungen in Astronomische Mitteilungen). Die Kurve zeigt besonders große Schwankungen in der Nähe von Sonnenflecken-Maxima, und die großen Ausschläge scheinen sich mit einigermaßen regelmäßigen Zwischenräumen zu wiederholen. Dies tritt ganz besonders hervor in den Jahren 1904—

¹ Da die Kurven die Monats-Anomalien der Schwankungen darstellen, ist also die halbjährige und die ganzjährige Periode in der täglichen Deklinations-Variation zum wesentlichen Teil eliminiert.

1910, wo der durchschnittliche Zeitabstand zwischen diesen Ausschlägen 8 Monate beträgt. Wie früher erwähnt, hat auch KROGNESS eine ähnliche 8-monatliche Periode in der täglichen Variation der Deklination in Kristiania nachweisen können.

Kurve IV, Fig. 92, für die Luftdruck-Differenz im Nordatlantischen Ozean zeigt ebenfalls mit Zwischenräumen große Ausschläge, die den erwähnten Ausschlägen in der Kurve für die Sonnenflecken entsprechen können. Wie man sehen wird, kommt besonders in der spätesten Maximum-Periode gern 1 bis 2 und bisweilen 3 Monate nach jedem der 8-monatlichen Ausschläge in der Sonnenflecken-Kurve ein entsprechender Ausschlag in der Kurve für die Luftdruck-Differenz. Dasselbe wird man auch bis zu gewissem Grade in der früheren Maximum-Periode von 1891 bis 1898 finden, während wir dagegen in der ersten Maximum-Periode in den Jahren 1884, 1885 und 1886 keine Andeutung zu Übereinstimmung zwischen der Sonnenflecken-Kurve und der Luftdruck-Differenz-Kurve von der hier besprochenen Art sehen. Indessen sind die nachgewiesene Übereinstimmungen so gut, wie wir sie nur erwarten konnten, wenn wir unser mangelhaftes Material in Betracht ziehen, sowie die mangelhafte Behandlung des Beobachtungsstoffs. Dazu kommt ja auch, daß die 6-monatliche und die 12-monatliche Periode, die in den meteorologischen Verhältnissen wiederkehren, teilweise die Wirkung dieser angenommenen 8-Monats-Periode verwischen werden.

Wie schon erwähnt, sind die Schwankungen in den Sonnenflecken besonders groß bei Sonnenflecken-Maximum; sie werden bisweilen bei Sonnenflecken-Minimum sehr klein. Trotzdem scheinen diese Schwankungen während Sonnenflecken-Minima mit verhältnismäßig großen Schwankungen in den atmosphärischen und magnetischen Verhältnissen auf der Erde in Verbindung zu stehen. Dies kann sich möglicherweise dadurch erklären lassen, daß es nicht so sehr gerade der größere oder geringere Grad von Intensität in der Sonnentätigkeit ist, der die meteorologischen Verhältnisse beeinflusst, sondern daß eher die Schwankungen in dieser Intensität von entscheidender Bedeutung für die Erzeugung von Schwankungen in den Verhältnissen der Erde sind.

Zweijahrs-Periode in den Sonnenflecken und in der Temperatur Skandinaviens.

In den erdmagnetischen Elementen findet sich bekanntlich eine Periode von 6 Monaten und eine von 12; sie beruhen auf der verschiedenen Stellung der Erde im Verhältnis zur Sonne während ihres jährlichen Umlaufs. KROGNESS hat eine sehr ausgeprägte zweijährige Periode in der

magnetischen Deklination gefunden, die einer Akkumulation der drei genannten Perioden von 6, 8 und 12 Monaten zuzuschreiben sein sollte. Da 24 ein Multiplum von 6, 8 und 12 ist, wird die vereinigte Wirkung dieser drei Einzelperioden sich bei einer Zweijahrs-Periode zeigen. Von Woeikof und Anderen ist der Nachweis erbracht worden, daß eine zweijährige Periode in meteorologischen Verhältnissen oft vorkommt: wir sehen eine Andeutung davon auch in vielen unserer meteorologischen Kurven; sie kommt ganz gut in den Temperatur-Kurven V und VI auf Fig. 96 zum Vorschein, auch zum Teil in den Luftdruck-Kurven Fig. 95 I und 96 IV. Aber merkwürdiger ist es, daß eine ähnliche Zweijahrs-Periode auch in der Kurve für die Sonnenflecken vorkommt, die man auf denselben Figuren wiedergegeben findet (Kurven III). Wenn wir auch auf die geringeren Depressionen in dieser Kurve Rücksicht nehmen, finden wir sie sehr regelmäßig jedes zweite Jahr, nämlich in den Jahren 1861, 1863, 1865, 1867, 1869, 1871, 1873, 1875 (im Jahr 1877 fehlt die Depression in dieser Kurve III, aber sie findet sich in den Kurven V und VI, Fig. 96, und auch in Kurve I, Fig. 95), 1879, 1881, 1882—83, 1884, 1886, 1888, 1890, 1892—93, 1894—95, 1897 und 1899. Später, nach 1901 werden sie unregelmäßiger. In der Regel ist jedes zweite dieser Minima bedeutend ausgeprägter, als die zwischenliegenden; so bestanden z. B. sehr ausgeprägte Minima in den Jahren 1879, 1882—83, 1886 und 1890, während die zwischenliegenden Minima in den Jahren 1881, 1884 und 1888 wenig ausgeprägt und teilweise nur angedeutet waren. — Wir kommen m. a. W. zu dem Ergebnis, daß sowohl die Kurve für die Sonnenflecken wie die Temperatur-Kurven ziemlich ausgeprägte Zweijahrs-Perioden aufweisen.

Kurve VI (Fig. 96) für die Luft-Temperatur in Stockholm zeigt für die sechziger Jahre nach 1865 eine einigermaßen gute direkte Übereinstimmung mit der Sonnenflecken-Kurve oder vor 1865 mit der magnetischen Kurve (I). Wir werden besonders diese Lufttemperatur-Kurve für Stockholm, und für die spätere Zeit auch Kurve V für Norwegen, mit der Kurve für die Sonnenflecken vergleichen. Wir sehen dann, daß im Jahre 1877 eine Depression in den Temperatur-Kurven bestand, die sich nicht in der Sonnenflecken-Kurve findet. In den Jahren 1885—87 besteht ebenfalls keine Übereinstimmung¹. Aber im übrigen ist augenscheinlich durchgehends eine ganz gute Übereinstimmung zwischen der Sonnenflecken-Kurve und der Tempe-

¹ Betrachten wir indessen die magnetische Kurve (I), so finden wir zu dieser Zeit eine ganz gute Übereinstimmung zwischen ihr und den Temperatur-Kurven, wenn wir uns eine Verschiebung von einigen Monaten denken. Man würde auch eine direkte Übereinstimmung zwischen der Sonnenflecken-Kurve und den Temperatur-Kurven für diese Jahre finden, wenn man sich eine Verschiebung von ungefähr einem Jahr denkt.

ratur-Kurve vorhanden; ein Minimum in der einen entspricht einem Minimum in der andern, bisweilen allerdings mit einer Verschiebung von einigen wenigen Monaten. Es besteht indessen der auffallende Unterschied, daß die großen Depressionen, die wir bei der Sonnenflecken-Kurve erwähnten, ungefähr gleichzeitig, aber als ganz kleine Depressionen in den Temperatur-Kurven wiederkehren, und umgekehrt, die großen Depressionen in der Temperatur-Kurve treten gleichzeitig mit den kleinen in der Sonnenflecken-Kurve auf. Als besonders charakteristisches Beispiel können hier die Schwankungen in den Jahren 1878 bis 1884 genannt werden.

Dieses eigentümliche Verhältnis mit der Verteilung der Größe der Minima in diesen verschiedenen Kurven ist der Grund zu dem anscheinend entgegengesetzten Gang, den sie aufweisen, und den wir oben für die Zeit vor der Mitte der neunziger Jahre erwähnten. Als Beispiel können wir anführen, daß das kleine Minimum in der Sonnenflecken-Kurve für 1888 dem sehr tiefen Minimum in den Luftdruck-Kurven Fig. 95 I und 96 IV und in den Temperatur-Kurven Fig. 96 V und VI für dasselbe Jahr entspricht (vorausgesetzt, daß das Temperatur-Minimum Anfang 1888 nicht dem Flecken-Minimum ein ganzes Jahr vorher entspricht), während das tiefe Minimum in der Sonnenflecken-Kurve für 1890 einem sehr unbedeutenden Minimum in den anderen Kurven einige Monate später entspricht. Ferner entspricht das kleine Minimum in der Sonnenflecken-Kurve in den Jahren 1892—93 dem sehr ausgeprägten Minimum in den anderen Kurven gleichzeitig. Diese Unterschiede in den Minima in der Sonnenflecken-Kurve hören in der Mitte der neunziger Jahre auf, und das ist der Grund dazu, daß größere direkte Übereinstimmung zwischen der Sonnenflecken-Kurve und den anderen Kurven nach dieser Zeit zu bestehen scheint.

Es ist bemerkenswert, daß in sehr vielen Fällen die Maxima und Minima der Sonnenflecken-Kurve später als die entsprechenden Maxima und Minima der Luftdruck- und Temperatur-Kurven eintreten. In der Zeit 1851—1865 sind die Sonnenflecken-Kurve (Fig. 95, III) und die meteorologischen Kurven (Fig. 95, I und II) sehr verschieden und gehen zum Teil umgekehrt zu einander.

Mögliche Einjahrs-Periode in den Sonnenflecken.

Noch auffälliger ist es, daß anscheinend auch eine Periode von 1 Jahr in den Schwankungen der Sonnenflecken vorkommt. Kurve II auf Fig. 96 zeigt eine sehr deutliche Einjahrs-Periode. Diese Kurve stellt das Ergebnis einer fortlaufenden 8-monatlichen Ausgleichung der Differenzen dar, die in Kurve I wiedergegeben sind, und die oben erwähnt ist. Die Einjahrs-Periode kommt besonders gut im Zeitraume 1890—1895

zum Vorschein. Es ist jedoch möglich, daß diese Periode hinfällig ist und durch die Unvollkommenheit der Beobachtungen erklärt werden kann. In den Jahren 1890—95 besteht demnach überall ein Minimum für diese Kurve ungefähr zu Mittwinter, gerade zu der Zeit des Jahres, wo die Beobachtungen der Sonnenflecken in Zürich in der Regel am unvollständigsten sind.

Verschiedene Perioden.

Wir haben früher erwähnt, daß in mehreren meteorologischen Elementen, z. B. in Batavia, eine Periode vorzukommen scheint, deren durchschnittliche Länge 32 bis 33 Monate beträgt, also ungefähr $2\frac{3}{4}$ Jahre. Diese anscheinende Periode kann indessen ziemlich stark schwanken, bald kann sie 2 Jahre, bald 3 und auch 4 Jahre sein. Es kann fraglich sein, ob diese Perioden vielleicht durch eine Zusammenmischung mehrerer Elementar-Perioden entstanden sein könnte, die vielleicht dann mit entsprechenden Perioden auf der Sonne in Verbindung stehen. Erwähnt haben wir bereits, daß eine zweijährige Sonnenflecken-Periode sich zu erkennen zu geben scheint. Wie wir früher erörtert haben, fanden die beiden Lockyer eine Periode in der Sonnentätigkeit von ungefähr 3.7 Jahren. Sie gab sich sowohl in den Protuberanzen und den Schwankungen in den spektroskopischen Linien der Sonnenflecken, wie in der heliographischen Breite der Sonnenflecken zu erkennen. Eine solche Periode in der Sonnentätigkeit von 3—4 Jahren scheint auch in mehreren unsrer Kurven zum Vorschein zu kommen. Wenn nun Sonnenflecken-Perioden von 2 Jahren und von zwischen 3 und 4 Jahren sich in den meteorologischen Verhältnissen geltend machen, werden hieraus ziemlich bunte Verhältnisse mit verschiedenem Zeitabstand zwischen den Extremen entstehen können, wo aber der durchschnittliche Abstand sehr wohl ungefähr $2\frac{3}{4}$ Jahre betragen könnte.

Sekuläre Schwankungen in der Sonnentätigkeit und in den meteorologischen Verhältnissen.

Wir haben die sehr langen (sekulären) Schwankungen nicht behandelt, wollen aber doch auf einige Eigentümlichkeiten in mehreren unsrer Kurven aufmerksam machen, die für die Frage der langen Perioden von Interesse sind. Viele von unsren graphischen Zusammenstellungen zeigen das Verhältnis zwischen den Sonnenflecken und den Protuberanzen, wie Fig. 69, 88, 89 u. A. Z. B. aus Fig. 88 sehen wir, daß die elfjährige Periode in der Protuberanzen-Kurve sehr klar zum Vorschein kommt. Man sieht aber auch, daß die 3 Perioden von 1878 bis 1913 sich sehr verschieden

gestalten: in der ersten dieser 3 Perioden war die durchschnittliche Anzahl der Protuberanzen sehr groß, in der nächsten bedeutend kleiner und in der letzten verhältnismäßig sehr klein. Die ausgeglichene Kurve für die Protuberanzen zeigt daher eine augenfällige Abnahme für diesen Zeitraum von 35 Jahren. Es ist offenbar ein Teil einer sekulären Periode in der Sonnentätigkeit. Es zeigt sich nun, daß ein ähnliches Sinken oder ein dementsprechender Anstieg in mehreren unsrer meteorologischen Kurven augenfällig ist. Wir haben es schon früher (S. 226) für die Temperatur-Amplitude in Wellington (Fig. 71) und die Lufttemperatur in Batavia (Fig. 69) kurz erwähnt. Eine solche (direkte oder umgekehrte) Übereinstimmung zwischen den solaren und terrestrischen Verhältnissen in betreff der sehr langen Perioden tritt auch in anderen Kurven hervor. So z. B. in den Kurven für die jährliche Temperatur-Amplitude in Nordamerika (Fig. 88, vgl. auch Fig. 89); besonders in den Pazifik-Staaten, aber auch in den Golf-Staaten und den inneren Staaten ist diese Amplitude im großen ganzen während der drei genannten elfjährigen Perioden allmählich geringer geworden, sowie auch die Lufttemperatur selbst an der Westküste der Vereinigten Staaten (Fig. 64, Kurve I). Noch mehrere Beispiele könnten erwähnt werden, die auf eine solche sekuläre Schwankung in den meteorologischen Verhältnissen in Zusammenhang mit den solaren Änderungen hindeuten.

Inniger Zusammenhang zwischen den Schwankungen in der Sonnentätigkeit und in den meteorologischen Elementen.

Als ein allgemeines Ergebnis unserer Untersuchungen auf diesem Gebiete können wir hier nur hervorheben, daß sicher ein sehr inniges Verhältnis zwischen den Schwankungen in der Sonnentätigkeit und den Schwankungen in den meteorologischen Verhältnissen auf der Erde zu bestehen scheint. Selbst kurzwierige Schwankungen in der Ausstrahlung auf der Sonne geben sich deutlich in unseren meteorologischen Verhältnissen und in der Oberflächen-Temperatur im Meere zu erkennen. Sie werden durch Schwankungen in der Luftdruck-Verteilung vermittelt. Aber die Äußerungen auf der Erde können in verschiedenen Richtungen gehen, je nach den Umständen, bald umgekehrt zu den solaren Schwankungen, bald parallel zu ihnen.

Dieser innige Zusammenhang zwischen den Schwankungen in der Sonnentätigkeit und den Schwankungen in den meteorologischen Verhältnissen wird nicht zum wenigsten durch unsere Kurven auf Fig. 95 und 96 bewiesen, sowie durch die plötzliche und augenfällige Veränderung im Charakter, die alle diese Kurven, sowohl für die solaren wie für die terrestrischen Erscheinungen in der Mitte der neunziger Jahren zeigen.

Schlusswort.

Der Ausgangspunkt dieser Untersuchungen war der Wunsch etwaige jährliche Temperatur-Schwankungen im Nordatlantischen Ozean näher kennen zu lernen. Wir haben gesehen daß solche Schwankungen, und zwar sehr bedeutende, vorhanden sind, und daß sie für große Gebiete gemeinsam sind. Sie können größtenteils als eine Wirkung der Luftdruckverteilung (d. h. der Winde) erklärt werden. Um das Auftreten und die Natur der Schwankungen verstehen zu können, muß man daher die meteorologischen Schwankungen näher studieren. Diese sind aber nur verständlich, wenn man die Atmosphäre im ganzen studiert, und wir sind deswegen zu sehr umfangreichen Untersuchungen geführt worden.

Bis jetzt haben einige solche ausgedehnte Untersuchungen uns gezeigt, daß verschiedene Gruppen von Gebieten in bestimmter Weise so zu sagen im Takt schwanken, daß andere Gruppen von Gebieten entgegengesetzten Schwankungen unterworfen sind, und daß wieder andere Gebiete Übergänge zeigen — teils wegen Phasenverschiebungen und teils wegen gemischter Verhältnisse. Dies alles gibt uns ein sehr buntes Bild der meteorologischen Schwankungen, aber aus diesem bunten Bilde finden wir doch durch geeignete Analysen die Wirkung der Schwankungen in der Sonnentätigkeit, die sich aller Wahrscheinlichkeit nach zuerst in den höheren Schichten der Atmosphäre geltend machen und dadurch eine Unruhe erzeugen, die wiederum Änderungen in den unteren Schichten bewirkt. Solche dynamische Änderungen werden verschiedene Folgen in betreff Temperatur, Bewölkung, Niederschlag u. s. w. an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche haben, aber es scheint möglich zu sein, durch eine erschöpfende Verwertung des vorhandenen Beobachtungsmaterials sichere und allgemeine Regeln gewinnen zu können.

Die vorliegende Arbeit ist nur als eine Einleitung zu solchen eingehenden Untersuchungen aufzufassen, und wir müssen eine Klarlegung vieler hier berührter Fragen für eine spätere Veröffentlichung vorbehalten, u. a. auch eine Auseinandersetzung der eigenen regulierenden Wirkung die die termischen Verhältnisse im Meere auf die Luftzirkulation und die Lufttemperatur ausüben.

Literaturverzeichnis.

1908. ABBOT, C. G. und FOWLE, F. E.: Radiation and Terrestrial Temperature. *Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution*, II, 1908.
- 1913a. ABBOT, C. G. und FOWLE, F. E.: The variability of the sun. *Ann. of the Astroph. Observ. Smithson. Inst.* III, 1919, s. 115 ff.
- 1913b. ABBOT, C. G. und FOWLE, F. E.: Volcanoes and climate. *Ann. of the Astroph. Observ. Smithson. Inst.* III, 1913; und in: *Smithsonian Miscellaneous Collections*, LX, Nr. 29, 1913.
1903. ANGOT, Alfred: On the simultaneous variations of sun spots and of terrestrial atmospheric temperatures. *Monthly Weather Review*, XXXI. Washington 1903. Übersetzt aus *Annuaire de la Société Météorologique de France*, Juin 1903.
1879. ARCHIBALD, E. Douglas: Barometric pressure and sunspots. *Nature*, XX, 1879.
1908. ARCTOWSKI, Henryk: Recherches sur la périodicité des phénomènes météorologiques à Bruxelles. *Bulletin de la Société Belge d'Astronomie*, 1908.
1908. ARCTOWSKI, H.: Notice sur les variations de longue durée des Amplitudes moyennes de la marche diurne de la température en Russie. *Bull. Soc. B. d'Astron.* 1908.
1908. ARCTOWSKI, H.: Les variations seculaires du climat de Varsovie. *Bull. Soc. B. d'Astron.* 1908.
1909. ARCTOWSKI, H.: L'enchainement des variations climatiques. *Société Belge d'Astronomie*, Bruxelles 1909.
1910. ARCTOWSKI, H.: Variations in the distribution of atmospheric pressure in North America. *Bulletin of the American Geographical Society*, XLII, 1910.
1910. ARCTOWSKI, H.: The yield of wheat in the United States and in Russia during the years 1891 to 1900. *Bull. Amer. Geogr. Soc.* XLII, 1910.
1912. ARCTOWSKI, H.: The „solar constant“ and the variations of atmospheric temperature at Arequipa and some other stations. *Bull. Amer. Geogr. Soc.* XLIV, 1912.
1912. ARCTOWSKI, H.: Corn crops in the United States. *Bull. Amer. Geogr. Soc.* XLIV, 1912.
1914. ARCTOWSKI, H.: About climatic variations. *The American Journal of Science*, (4) XXXVII, 1914.
1914. ARCTOWSKI, H.: A Study of the changes in the distribution of temperature in Europe and North America during the years 1900 to 1909. *Annals of the New York Academy of Sciences*, XXIV, 1914.
1915. ARCTOWSKI, H.: Volcanic dust veils and climatic variations. *Ann. New York Ac. Sc.* XXIV, 1915.
1903. ARRHENIUS, Svante: Lehrbuch der kosmischen Physik. Leipzig 1903.
- 1894a. BIGELOW, Frank H.: The Polar radiation from the sun and its influence in forming the high and low atmospheric pressures of the United States. *Astronomy and Astro-Physics*. XIII, 1894.
- 1894b. BIGELOW, F. H.: West Indian hurricans and solar magnetic influence. *Astron. u. Astro-Phys.* XIII, 1894.
- 1894c. BIGELOW, F. H.: Inversions of temperatures in the 26.68 day solar magnetic period. *American Journal of Science*, (3) XLVIII. 1894.

1898. BIGELOW, F. H.: Report on solar and terrestrial magnetism in their relation to meteorology. *Weather Bureau Bulletin*, No. 21, 1898 (Diese Abhandlung haben wir nicht gesehen).
1902. BIGELOW, F. H.: A contribution to cosmical meteorology. *Monthly Weather Review*, July, 1902. Washington.
1903. BIGELOW, F. H.: Synchronism of the variations of the solar prominences with the terrestrial barometric pressures and the temperatures. *Monthly Weather Review*, 1903.
1908. BIGELOW, F. H.: The Relations between the meteorological elements of the United States and the solar radiation. *American Journal of Science*, (4) XXV, 1908.
1875. BLANFORD, Henry F.: *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, XLIV, 1875; XLIX, 1880. 2. Teil, 1880.
1879. BLANFORD, H. F.: Report on the Meteorology of India in 1878.
1880. BLANFORD, H. F.: On the barometric see-saw between Russia and India in the sun-spot cycle. *Nature*, XXI, 1880.
1889. BLANFORD, H. F.: The climates and weater of India. London 1889.
1891. BLANFOLD, H. F.: The paradox in the sunspot-cycle in meteorology. *Nature*, XLIII, 1891.
1913. BREHMER: Über die Jahreschwankung im mittleren Wasserstande der Nordsee und der Ostsee. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XLI, 1913.
1914. BREHMER: Tiden von langer Periode im mittleren Wassestande der Ostsee zu Swinemünde. *Ann. der Hydr. u. s. w.* XLII, 1914.
1904. BRENNECKE, Wilhelm: Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen des Ostgrönländischen Meeres. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XXXII, 1904.
1878. BROUN, John Allen: Sunspots, atmospheric pressure and the sun's heat. *Nature*, XIX, 1878.
1867. BUCHAN, Alexander: On the cold weather of March 1867, as illustrating the relation between temperature and pressure of the atmosphere. *Journal of the Scottish Meteorol. Society*, New Series, II, 1867.
1868. BUCHAN, A.: On the Meteorology of Iceland, *Journ. Scott. Met. Soc.* II, 1868.
1903. BUCHAN, A.: The rainfall of Scotland in relation to sunspots. *Journ. Scott. Meteor. Soc.* (3) XVIII, XIX, 1903. Siehe auch *Meteor. Zeitschr.* XXI, 1904.
1875. CHAMBERS, Charles: Meteorology of the Bombay Presidency. 1875.
1878. CHAMBERS, Fred.: Sun-spots and weather. *Nature*, XVIII, 1878.
1880. CHAMBERS, Fred.: Abnormal variations of barometric pressure in the Tropics, and their relation to sun-spots, rainfall, and famines. *Nature*, XXIII, 1880.
1905. CLOUGH, H. W.: Synchronous variations in solar and terrestrial phenomena. *Astroph. Journal*, 1905.
1902. DEUTSCHE SEEWARTE: Atlantischer Ozean. Hamburg 1902.
1901. DICKSON, H. N. The Circulation of the surface waters of the North Atlantic Ocean. *Philos. Trans. Royal Society, London*, Ser. A, vol. 196, 1901.
1914. DOUGLASS, A. E.: A method of estimating rainfall by the growth of trees. In E. HUNTINGTON: The climatic factor. Washington 1914.
1905. EASTON: Zur Periodizität der solaren und klimatischen Schwankungen. *Petermanns geogr. Mitteilungen*, 1905.
1910. ENGELER, E.: Periodische und unperiodische Temperaturschwankungen der Benguela-Strömung. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XXXVIII, 1910.
1854. FRITSCH, K.: Über das Steigen und Fallen der Lufttemperatur binnen einer analogen elfjährigen Periode, in welcher die Sonnenflecke sich vermindern oder vermehren. Wien 1854.
1878. FRITZ, H.: Die Beziehungen der Sonnenflecke zu den magnetischen und meteorologischen Erscheinungen der Erde. Haarlem 1878.
1893. FRITZ, H.: Die wichtigsten periodischen Erscheinungen der Meteorologie und Kosmologie. Leipzig 1893.

1915. GALLÉ, P. H.: On the relation between departures from the normal in the strength of the trade-winds of the Atlantic Ocean and those in the waterlevel and temperature in the northern European seas. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam*, XVII, 1915.
1916. GALLÉ, P. H.: On the relation between fluctuations in the strength of the Trade winds of the North-Atlantic Ocean in summer and departures from the normal of the wintertemperature in Europe. *Kon. Akad. v. Wet. Amsterdam*, XVIII, Nr. 9, 1916.
1844. GAUTIER, Alfred: Recherches relatives à l'influence que le nombre et la permanence des taches observées sur le disque du soleil peuvent exercer sur les températures terrestres. *Annales de Chimie et de Physique* (3) XII, 1844. *Annalen der Physik und Chemie* LXVIII.
1908. GROSSMANN, L.: Die Beziehung zwischen den Temperaturen des Nordatlantischen Ozeans und von Nordwest- und Mitteleuropa. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XXXVI, 1908.
1826. GRUITHUISEN, Fr. v. P.: Naturwissenschaftlicher Reisebericht. *Kastner's Archiv für die gesammte Naturlehre*, VIII. Nürnberg 1826.
- 1897—1899. GÜNTHER, Siegmund: Handbuch der Geophysik, 2. Aufl. I 1897, II 1899.
1877. HAHN, F. G.: Über die Beziehungen der Sonnenfleckenperiode zu meteorologischen Erscheinungen. Leipzig 1877.
1901. HANN, Julius: Lehrbuch der Meteorologie. Leipzig 1901.
1904. HANN, J.: Die Anomalien der Witterung auf Island in dem Zeitraume 1851 bis 1900 u. 1905. und deren Beziehungen zu den gleichzeitigen Witterungsanomalien in Nordwesteuropa. *Sitzungsber. d. kais. Akad. der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturw. Klasse*, CXIII Abt. II a, 1904. Siehe auch *Meteor. Zeitschr.* XXII, 1905.
1908. HANN, J.: Handbuch der Klimatologie, 3. Aufl. I, 1908.
1894. HANSKY: *Bull. de l'academie Imp. S. Petersbourg*, XX, 1894.
1804. HAZEN, H. A.: West Indian hurricanes and solar magnetic influence. *Astronomy and Astro-Physics*, XIII, 1894, S. 105 u. 443.
1909. HELLMANN, G.: Untersuchungen über die Schwankungen der Niederschläge. *Veröffentlichungen des Königl. Preuss. Meteorol. Instituts, Abhandlungen*, III 1909—10.
1910. HEPWORTH, M. W. Campbell: A comparison of the changes in the temperature of the water of the North Atlantic, and in the strength of the trade winds. *Meteorological Office*, Nr. 203. Published by the Authority of the Meteorol. Committee. London 1910.
- 1912 HEPWORTH, Campbell, M. W.: The effect of the Labrador current upon the surface u. 1914. temperature of the North Atlantic; and of the latter upon air temperature and pressure over the British Isles. Parts I and II. *Geophysical Memoirs*, No. 1 & 10. *Meteorol. Office*, No. 210 a & 210 j. Publ. by the Authority of the Meteorol. Committee, London 1910.
1914. HEPWORTH, Campbell M. W.: The Gulf Stream. *The Geographical Journal*, XLIV. London 1914.
1801. HERSCHEL, William: Observations tending to investigate the nature of the sun, in order to find the causes of symptoms of its variable emission of light and heat. *Philosophical Transactions*, London, 1801, I.
- 1897 HILDEBRANDSSON, H. Hildebrand: Quelques recherches sur les centres d'action de — 1914. l'atmosphère. *Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, XXIX No. 3, 1897; XXXII No. 4, 1899; XLV No. 2, 1909; XLV No. 11, 1910; LI No. 8, 1914.
1878. HILL, S. A.: *Nature*, XIX, 1878.
1879. HILL, S. A.: Über eine zehnjährige Periode in der jährlichen Änderung der Temperatur und des Luftdruckes in Nord-Indien. *Zeitschr. der Österreich. Gesellsch. für Meteorologie*, XIV, 1879.
1880. HILL, S. A.: Variations of rainfall in Northern India. *Indian Meteor. Memoirs* I No. VII. Siehe auch *Meteorologische Zeitschrift*, 1880.
1914. HUNTINGTON, Ellsworth: The climatic factor as illustrated in arid America. *Carnegie Institution of Washington*, 1914.

- 1914a. HUNTINGTON, E.: The solar hypothesis of climatic changes. *Bulletin of Geological Society of America*, XXV, 1914.
1912. JOHANSSON, OSC. V.: Über Wasserstands- und Klimaschwankungen i Nordeuropa nach Wallén u. a. *Meteor. Zeitschr.*, XIX, 1912.
1873. KÖPPEN, W.: Über vieljährige Perioden der Witterung. *Deutsche Rundschau für Geographie und Statistik*, II, 1873.
1873. KÖPPEN, W.: Über mehrjährige Perioden der Witterung, insbesondere über die 11-jährige Periode der Temperatur. *Zeitschr. der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie*, VIII, 1873; XV, 1880; XVI, 1881.
1891. KÖPPEN, W.: Besprechung von Unterwegers Arbeit „Über die kleinen Perioden der Sonnenflecken u. s. w.“ *Meteorologische Zeitschrift*, VIII, 1891.
1911. KÖPPEN, W.: Wodurch ist die hohe Wärme Europas und des Nordatlantischen Ozeans bedingt? *Annalen d. Hydr. u. Mar. Meteorol.* XXXIX, 1911.
1914. KÖPPEN, W.: Lufttemperaturen, Sonnenflecke und Vulkanausbrüche. *Meteorologische Zeitschrift*, XXXI, 1914.
- 1907—1911. KRÜMMEL, Otto: Handbuch der Ozeanographie, I, 1907; II, 1911.
1904. LANGLEY, S. P.: On a possible variation of the solar radiation and its probable effect on terrestrial temperatures *The Astrophysical Journal*. XIX, No. 5, 1904.
1911. LIEPE, H.: Temperaturschwankungen der Meeresoberfläche von Ouessant bis St. Pauls-Fels. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XXXIX, 1911.
1880. LIZNAR: Beziehung der täglichen und jährlichen Temperaturschwankung zur 11-jährigen Sonnenfleckenperiode. *Sitzungsberichte der Wien. Akad.* LXXXII, 1880. (*Nature* XXIII, S. 133, 1880).
1904. LOCKYER, Norman: Simultaneous solar and terrestrial changes. *Nature*, LXIX, 1904.
1908. LOCKYER, N.: Monthly mean values of barometric pressure for 73 selected stations over the Earth's surface. *Solar physics Committee*. London 1908.
1902. LOCKYER, N., und LOCKYER, William J. S.: On some phenomena which suggest a short period of solar and meteorological changes. *Proc. Royal Society*, London, LXX, 1902. Siehe auch LXXI, 1902.
1904. LOCKYER, N., und LOCKYER, W. J. S.: The behaviour of the short-period atmospheric pressure variation over the Earth's surface. *Proc. Roy. Soc.* LXXIII, 1904.
1901. LOCKYER, William J. S.: Solar activity 1833—1900. *Proc. R. Soc.* LXVIII, 1901.
1904. LOCKYER, W. J. S.: Sunspot variation in latitude, 1861—1902. *Proc. R. Soc.* LXXIII, 1904.
1896. MAC DOWALL, Alex. B.: The climate of Bremen in relation to sun-spots. *Nature*, LIV, London 1896.
1896. MAC DOWALL, A. B.: Sonnenflecken und Sommertemperaturen. *Meteorologische Zeitschrift*, XIII, 1896.
1907. MATTHEWS, Donald J.: The surface waters of the North Atlantic Ocean south of 60° N. Latitude, September 1904 to December 1905. *Second Report (Southern Area) on Fishery and Hydrographical Investigations in the North Sea and Adjacent waters 1904—1905. Part I. North Sea Fisheries Investigation Committee*. London 1907.
1905. MECKING, L.: Die Eistrift aus dem Bereich der Baffin-Bai, beherrscht von Strom und Wetter. *Veröffentl. d. Institut für Meereskunde u. s. w.* Heft 7, 1905.
1907. MECKING, L.: Die Treibeerscheinungen bei Neufundland in ihrer Abhängigkeit von Witterungsverhältnissen. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XXXV, 1907.
1898. MEINARDUS, Wilhelm: Der Zusammenhang des Winterklimas in Mittel- und Nordwesteuropa mit dem Golfstrom. *Zeitschrift der Gesellsch. für Erdkunde*. XXXIII, Berlin 1898.
1898. MEINARDUS, W.: Über einige meteorologische Beziehungen zwischen dem Nordatlantischen Ozean und Europa im Winterhalbjahr. *Meteorologische Zeitschrift*, XV, (XXXIII), 1898.
1900. MEINARDUS, W.: Einige Beziehungen zwischen der Witterung und den Ernte-Erträgen in Nord-Deutschland. *Verhandl. des VII. Internationalen Geographen-Kongresses in Berlin*, 1899. Berlin 1900.

1904. MEINARDUS, W.: Über Schwankungen der nordatlantischen Zirkulation und ihre Folgen. *Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie*. XXXII, 1904.
1905. MEINARDUS, W.: Über Schwankungen der nordatlantischen Zirkulation und damit zusammenhängende Erscheinungen. *Met. Zeitschr.* XXII, 1905.
1906. MEINARDUS, W.: Periodische Schwankungen der Eistrift bei Island. *Ann. d. Hydrogr. u. Mar. Meteor.* XXXIV, 1906.
1908. MEINARDUS, W.: Zu den Beziehungen zwischen den Eisverhältnissen bei Island und der nordatlantischen Zirkulation. *Ann. d. Hydrogr. u. Mar. Meteor.* XXXVI, 1908 (S. 318).
1917. MEISSNER, Otto: Über die Beziehung der Temperatur zur Sonnenfleckenperiode. *Ann. der Hydr. u. Marit. Meteor.* XLV, Mai 1917.
- 1872—73. MELDRUM, Ch.: *British Association etc., Brighton 1872, und Bradford 1873.*
1913. MIELKE, Johannes: Die Temperaturschwankungen 1870—1910 in ihrem Verhältnis zu der 11jährigen Sonnenfleckenperiode. *Archiv der Deutschen Seewarte*, XXXVI No. 3, 1913.
1912. MURRAY, John, u. HJORT, Johan: The Depths of the Ocean, London 1912.
1908. NEWCOMB, Simon: A search for fluctuations in the sun's thermal radiation through their influence on terrestrial temperature. *Transactions of the American Philosophical Society*. Philadelphia. XXI, 1908.
1903. NORDMANN, Charles: La période des taches solaires et les variations des températures moyennes annuelles de la terre. *Comptes Rendus*, CXXXVI. Paris 1903. Übersetzt in *Monthly Weather Review*, XXXI, 1903. Washington 1904.
1910. PETERSEN, Johannes: Unperiodische Temperaturschwankungen im Golfstrom und deren Beziehung zu der Luftdruckverteilung. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XXXVIII, 1910.
1912. PETERSEN, J.: Bemerkung zu „Temperaturschwankungen der Meeresoberfläche u. s. w.“ von Dr. H. Liepe. *Ann. d. Hydr. u. s. w.* XL, 1912.
1894. PETERSSON, Otto: A Review of Swedish Hydrographic Research in the Baltic and the North Sea. *The Scottish Geographical Magazine*, 1894.
1896. PETERSSON, O.: Über die Beziehungen zwischen hydrographischen und meteorologischen Phänomenen. *Meteorol. Zeitschrift*, 1896.
1899. PETERSSON, O.: Hvilka äro orsakerna till vegetationsperiodens tidigare eller senare inträdande under olika år? *K. Svenska Landbruksakademiens Tidsskrift* Stockholm 1899.
1899. PETERSSON, O.: Über den Einfluss der Eisschmelzung auf die oceanische Cirkulation. *Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar*, 1899, No. 3. Stockholm.
1900. PETERSSON, O.: Om drifisen i Norra Atlanten. *Ymer*, Stockholm 1900.
1904. PETERSSON, O.: On the influence of ice-melting upon oceanic circulation. *The Geographical Journal*, London, 1904.
1905. PETERSSON, O.: On the influence of ice-melting upon oceanic circulation. *Ur Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter*. II 1905.
1905. PETERSSON, O.: Über die Wahrscheinlichkeit von periodischen und unperiodischen —1906 Schwankungen in dem Atlantischen Strome und ihren Beziehungen zu meteorologischen und biologischen Phaenomenen. *Ur Svenska Hydr. Biol. Komm. Skrifter*, II 1905. Siehe auch: Extrait du „Gesamtbericht 1992—04“ in *Des Rapports et Procès-verbaux du Conseil International pour l'exploration de la Mer. Août 1905*. Copenhague. Siehe ferner: *Ann. d. Hydr. u. Marit. Meteorol.* 1906.
1912. PETERSSON, O.: The Connection between hydrographical and meteorological phenomena. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, XXXVIII. London 1912.
1914. PETERSSON, O.: Om Solfläcksfenomenets Periodicitet och dess samband med Klimats Förändringar. *Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, Bd. 53. Stockholm 1914.
1914. PETERSON, O.: On the occurrence of lunar periods in solar activity and the climate of the Earth. *Ur Svenska Hydr.-Biologiska Kommissionens Skrifter*, V, 1914.
1914. PETERSSON, O.: Climatic variations in historic and prehistoric time. *Ur Sv. Hydr.-Biol. Komm. Skr.* V, 1914. Siehe auch *Ann. d. Hydr. u. marit. Meteorol.* 1914.
1908. REKSTAD, J.: Solfläckernes variationer og de i sammenhæng dermed staaende periodiske forandringer av klima og jordmagnetisme. *Forhandl. i Videnskabs-Selskabet i Christiania*. 1908.

1902. RICHTER, C. M.: Sonnenflecken, Erdmagnetismus und Luftdruck. *Meteor. Zeitschr.* XIX, 1902.
1897. RIZZO, G.B.: Sulla relazione per le macchie solare e la temperatura dell'aria. Torino 1897.
1903. ROSÉN, P. G.: Om hafsyttans höjdförhållande vid några punkter af Sveriges kuster under tiden 1887—1900. *Svenska Hydrografisk Biologiska Kommissionens Skrifter*, I. Göteborg 1903.
1904. SCHOTT, Gerhard: Die grosse Eistrift bei der Neufundlandbank und die Wärmeverhältnisse des Meerwassers im Jahre 1903. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XXXII, 1904.
- 1904a. SCHOTT, G.: Über die Grenzen des Treibeises bei der Neufundlandbank sowie über eine Beziehung zwischen neufundländischem und ostgrönländischem Treibeis. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XXXII, 1904.
1896. SCHREIBER, Paul: Vier Abhandlungen über Periodizität des Niederschlages, theoretische Meteorologie und Gewitterregen. *Abhandl. des Kgl. sächs. meteorol. Institutes*, Heft I. Leipzig 1896.
1903. SCHREIBER, P.: Die Schwankungen der jährlichen Niederschlagshöhen und deren Beziehungen zu den Relativzahlen für die Sonnenflecken. *Das Klima des Königreiches Sachsen*, Heft VII, 1903.
1955. SCHUSTER, Arthur: On sun-spot periodicities. *Proc. R. Soc.* LXXVII, 1906.
1915. THRAEN, A.: Monatliche und jährliche Schwankungen der Temperatur, des Luftdrucks und des Niederschlages in Hamburg während der Normalperiode 1876—1910. *Ann. d. Hydr. u. Mar. Meteor.* XLIII, 1915.
1891. UNTERWEGER, J.: Über die kleinen Perioden der Sonnenflecken und ihre Beziehung zu einigen periodischen Erscheinungen der Erde. Wien 1891. Siehe auch *Meteorol. Zeitschr.* VIII, 1891.
1910. WALLÉN, Axel: Vänerns Vattenståndsvariationer. — *Meddelanden från Hydrografiska byrån*, I. Stockholm 1910.
1913. WALLÉN, A.: Fleråriga Variationer hos Vattenståndet i Mälaren, Nederbörden i Uppsala och Lufttemperaturer i Stockholm. *Meddelanden från Hydrografiska Byrån*, 4. Stockholm 1913.
-



Tabellen und Tafeln

Tabelle 1 W.

Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen von dem 11-jährigen Mittel (1900—1910) für jede Dekade und jedes 2-Längengrad-Feld (s. S. 4 f.) **der nördlichen Route** (Kanal—New-York). — Die *erste Kolonne* für jedes Jahr gibt die Anzahl der Beobachtungen an, die *zweite Kolonne* die Temperatur-Abweichungen in $1/10^{\circ}$ C. an. — M_1 und M_2 geben die Mittelwerte der beiden Gruppen von je 3 Dekaden (I—III, 3. Februar—4. März, und V—VII, 15. März—13. April) an. — Die Zahlen zwischen *Klammern* bezeichnen interpolierte Werte. Zahlen mit *Kursivschrift* bezeichnen Mittelwerte wo offenkundig falsche Beobachtungen weggelassen sind.

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910															
49° N. 10°-11° W.	I	10.01	13	8	7	1	7	-5	12	-9	6	3	9	-11	14	5	17	5	18	-1	22	1	18	9	18	4				
	II	10.15	8	10	3	11	5	11	-11	5	-4	14	6	13	-2	20	3	29	-2	2	14	7	16	5	23	-4				
	III	10.10	4	9	7	1	10	-0	10	6	7	-1	20	1	8	-0	16	-3	15	3	25	-3	19	-1	22	-0	21	-1		
	M ₁	10.07	25	5	25	3	28	3	28	-3	4	30	-4	30	-4	50	2	61	2	45	-2	55	2	56	4	62	-1	62	-1	
	V	10.03	5	7	7	5	1	3	-10	6	-0	6	7	11	-3	20	3	24	1	16	2	16	-2	21	4	10	-2	10	-2	
	VI	10.18	4	11	8	10	-5	4	[-8]	11	-1	14	4	20	-7	21	3	24	-3	24	6	18	6	25	4	20	0	20	0	
	VII	10.33	10	12	11	4	7	2	7	-3	12	-6	5	-0	8	-4	22	7	19	3	14	1	18	-1	22	5	16	-3	16	-3
	M ₂	10.21	19	6	22	-1	14	-4	29	-3	25	4	39	-6	63	4	67	-0	54	3	52	1	68	4	46	-2	46	-2	46	-2
	I	10.52	10	1	5	3	9	-1	9	-6	12	-8	3	1	8	-8	13	6	16	4	21	0	20	4	16	6	19	3	19	3
	II	10.64	10	2	5	4	12	-2	7	1	5	-6	13	5	13	-7	28	3	31	-5	24	3	13	4	17	9	28	-4	28	-4
49° N. 12°-13° W.	III	10.66	6	5	5	1	13	-1	13	2	8	5	20	-3	9	-3	15	-3	13	2	24	-0	18	-1	21	4	20	1	20	1
	M ₁	10.58	26	2	15	3	34	-1	29	-1	25	-4	36	1	30	-6	56	2	60	-1	69	1	52	2	54	6	67	-0	67	-0
	V	10.38	5	6	5	0	7	-2	4	-7	7	-2	5	-3	6	-0	22	-1	22	-2	18	5	19	1	25	5	10	6	10	6
	VI	10.70	6	-2	11	2	5	-1	2	-7	7	1	13	6	11	-8	19	-1	23	-2	26	2	19	1	19	6	27	2	27	2
	VII	10.82	8	6	12	-1	6	0	9	-2	9	-1	4	1	9	-6	22	3	20	1	14	3	20	-2	23	6	15	-4	15	-4
	M ₂	10.66	19	4	28	1	18	-1	15	-4	23	-1	22	3	26	-5	63	0	65	-1	58	3	58	-0	67	5	52	1	52	1
	I	10.66	14	4	8	-1	11	-7	8	-4	12	-2	6	1	8	-12	11	11	16	5	20	1	15	-0	11	1	19	6	19	6
	II	10.72	9	12	7	4	11	-4	12	-4	7	-1	9	4	14	-8	20	3	30	-4	27	4	16	4	17	6	27	1	27	1
	III	10.72	6	7	7	2	12	2	7	0	8	1	20	-0	11	-6	16	2	15	1	23	0	14	-1	23	1	24	-2	24	-2
	M ₁	10.68	29	7	22	2	34	-3	27	-3	27	-1	35	1	33	-8	47	5	61	-0	70	2	45	1	51	3	70	2	70	2
49° N. 14°-15° W.	V	10.59	4	4	8	-3	10	-4	4	-3	8	-0	5	-5	13	-1	19	-3	23	0	19	6	13	3	20	6	12	2	12	2
	VI	10.77	6	2	10	8	9	-0	4	-8	9	-3	9	-4	13	-5	22	3	26	-1	22	5	22	5	21	8	22	3	22	3
	VII	11.05	9	10	12	-1	7	-5	8	-3	13	-0	5	1	11	-12	21	4	16	3	12	3	17	2	22	7	16	-1	16	-1
	M ₂	10.81	19	7	30	2	26	-4	16	-4	30	-1	19	-3	37	-6	62	2	65	0	53	4	52	2	63	7	50	1	50	1

49° N. 16°-17° W.	I	10.89	9	6	8	-3	6	1	13	-5	8	-2	7	-1	9	16	8	4	14	4	14	3	17	5	20	5	17	3	
	II	10.92	5	5	6	1	10	4	9	-1	4	-4	10	5	12	-8	15	1	22	-6	19	5	14	2	12	5	17	-3	
	III	10.84	5	7	4	3	11	-4	6	2	9	-1	20	-1	8	-7	11	-2	14	-1	22	4	13	7	16	7	23	-4	
	M ₁	10.86	19	6	18	-3	27	0	28	-2	21	-2	37	1	29	-10	34	1	50	-1	55	4	44	5	48	6	57	-2	
	V	10.77	3	2	3	6	7	-6	5	-1	8	-2	3	-10	10	-3	18	-2	16	5	20	6	11	2	24	5	12	7	
	VI	10.89	7	2	9	7	5	0	2	-9	5	3	8	-6	11	-7	20	-2	18	1	23	6	15	5	22	7	16	2	
	VII	11.13	8	6	12	1	8	2	9	-4	9	-7	5	-1	12	-10	12	4	16	3	19	3	9	3	20	8	16	-2	
	M ₂	10.94	18	4	24	4	20	-1	16	-3	22	3	16	-5	33	-7	51	-1	50	3	62	5	35	3	64	6	44	2	
	I	10.98	14	7	2	4	2	3	-4	5	-5	6	-6	6	2	6	-13	3	12	12	-5	11	5	5	7	11	4	9	3
	II	11.17	5	6	5	3	7	-3	13	-2	5	-5	4	7	7	-11	12	5	18	-4	14	8	12	2	7	6	9	-3	
49° N. 18°-19° W.	III	10.94	6	2	2	-2	9	-1	3	-2	4	-2	12	5	4	-4	7	2	6	-3	15	8	4	4	8	7	22	-3	
	M ₁	10.99	25	6	9	2	19	-2	21	-2	15	-4	22	-1	17	-10	22	6	36	-3	40	8	21	4	26	5	40	-2	
	V	10.90	6	1	4	1	4	-0	8	-0	3	-6	0	-9	6	-3	18	-4	12	2	15	12	8	1	15	2	8	5	
	VI	11.12	5	3	5	9	1	4	3	2	6	-5	7	-4	3	-9	12	-4	13	5	14	4	13	2	16	4	12	1	
	VII	11.21	7	7	6	6	7	-12	3	1	6	-3	2	[0]	9	-9	5	3	16	7	8	1	8	7	9	4	11	0	
	M ₂	11.06	18	4	15	6	12	-6	14	0	15	-4	9	-2	18	-6	35	-3	41	5	37	7	29	3	40	4	31	2	
	I	11.48	3	8	8	-4	11	-2	6	-1	9	4	6	-2	7	-15	8	6	21	2	15	1	13	5	22	3	17	7	
	II	11.45	2	5	1	11	6	-1	12	-1	6	5	9	2	7	-11	21	3	21	-3	23	8	10	9	11	1	13	-1	
	III	11.46	3	-4	5	2	5	2	13	4	6	-0	13	-3	9	-6	9	0	19	2	17	7	15	5	20	4	22	-7	
	M ₁	11.46	8	3	14	3	22	-1	31	-2	21	-3	28	-1	23	-10	38	3	61	0	55	6	38	6	53	3	52	1	
48° N. 20°-21° W.	V	11.18	1	8	1	18	11	-7	4	5	5	-2	2	-7	6	-5	17	-6	22	1	17	10	15	-0	17	6	8	4	
	VI	11.38	3	3	5	8	3	8	2	-4	9	2	11	3	14	-14	20	2	14	0	20	1	23	0	22	8	20	2	
	VII	11.60	4	6	8	4	9	-9	5	6	8	-4	6	-6	7	-9	19	3	20	1	20	5	16	6	24	7	20	1	
	M ₂	11.37	8	6	14	8	23	6	11	3	22	-1	19	-4	27	-11	56	0	56	1	57	5	54	2	63	7	48	2	
	I	11.57	12	0	8	7	7	-1	8	3	5	4	6	2	12	-19	9	-3	23	2	12	2	14	6	22	5	18	8	
	II	11.50	4	-2	4	10	9	-3	13	-3	2	2	10	2	7	-14	22	-1	25	-4	24	7	17	4	11	3	18	1	
	III	11.56	6	-2	10	-4	10	-4	12	-3	9	0	16	-4	11	0	14	-3	22	-1	22	8	16	5	19	4	27	4	
	M ₁	11.54	22	1	22	-6	26	-3	33	1	16	-1	32	1	30	-10	45	-2	70	-1	58	7	47	5	52	4	63	1	
	V	11.37	0	9	1	7	7	-1	8	-1	8	1	3	8	8	-5	23	-12	24	4	23	8	15	0	24	7	11	7	
	VI	11.48	4	4	9	7	6	6	1	[0]	8	7	9	9	11	-15	21	-6	23	1	27	4	23	2	23	6	22	3	
48° N. 24°-25° W.	VII	11.71	7	6	11	7	9	-9	11	1	10	-4	5	-3	11	-11	20	-1	24	-1	24	9	19	9	22	7	24	3	
	M ₂	11.51	11	6	29	5	22	2	20	1	26	1	17	-7	30	-11	64	7	71	1	74	7	58	4	69	7	57	4	
	I	11.57	11	-2	5	-6	6	-3	6	0	10	-1	8	-0	6	-28	6	4	15	6	9	4	8	10	10	9	11	6	
	II	11.63	4	4	3	15	9	-2	12	2	3	12	6	1	8	15	11	0	14	-6	17	6	11	3	11	1	13	-1	
	III	11.46	9	2	4	-5	9	-4	9	-1	4	-3	10	6	9	-7	12	-3	13	4	19	11	6	8	12	8	25	-6	
	M ₁	11.53	24	2	12	8	24	3	27	1	17	1	24	-2	23	15	29	2	42	2	45	8	25	7	33	6	49	-2	

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910							
47° N. 26°-27° W.	V	11.35	6	7 -1	7 -6	6	7	5	3 -7	9 -8	20 -12	14	1	20	14	9	2	18	4	7	4	
	VI	11.55	7	3 8	3 [9]	0 [-1]	9	2	10 -12	7 -12	17 -8	11	1	21	7	19	4	18	7	15	3	
	VII	11.67	5	8 12	3 8	1 5	-7	4	1 5	7 -9	7 -3	19	-1	18	7	11	6	17	6	19	5	
	M ₃	11.49	18	7 22	3 18	1 11	20	3	18 -9	23 -9	44 -9	44	1	59	9	39	5	53	6	41	5	
	I	12.06	2	-1 8	-6 8	-4 4	-1 9	-2 3	3 [-3]	5 -9	10 -1	19	-1	19	1	12	5	19	2	13	4	
	II	11.98	1	10 1	-5 7	-0 13	2 9	3 8	-2 9	-15 17	-2 24	-2 20	-2 24	-2 20	12 15	8 11	0 19	-4 19	-4 19	-4 19	-4 19	
	III	11.87	1	1 7	-1 5	2 10	-8 5	8 6	-8 7	-12 12	-1 14	-1 21	-1 14	-1 21	12 16	6 19	6 19	6 19	6 19	6 19	6 19	
	M ₁	11.96	4	3 16	-4 20	-1 27	-2 23	2 17	-4 4	21 -13	39 -1	57	-1	52	11	43	7	49	4	49	-2	
	V	11.75	2	7 5	8 8	4 3	-8 11	0 6	-8 8	8 -7	16 -6	18	-3	13	13	4	19	4	10	6	6	
	VI	12.01	4	5 8	-0 3	7 0	[-0]	5 4	10 -12	9 -11	18 -8	19	-2	16	9	21	3	20	7	21	3	
47° N. 28°-29° W.	VII	12.19	0	-2 6	-6 4	11 9	-5 7	2 4	-6 9	-13 16	-3 14	-5 21	-5 18	1	8	18	1	22	3	20	7	
	M ₂	11.95	6	6 19	1 15	6 12	-4 23	1 20	-9 26	-10 50	-5 51	-3 50	-3 51	3	50	11	52	3	61	5	51	6
	I	12.12	7	-9 7	-4 15	8 5	6 -7	7 -8	6 -14	8 8	1	23	1	12	11	10	6	18	8	17	6	
	II	11.71	2	3 3	-11 6	-9 19	5 6	7 9	-1 8	-14 17	2 20	-9 23	-9 20	15	17	5	12	6	15	7	-7	
	III	11.78	5	0 6	-2 9	2 10	-2 8	-4 11	-13 6	-8 17	3 16	3 29	10	15	7	15	10	25	7	15	-7	
	M ₁	11.86	14	-3 16	-4 21	-4 37	3 20	-2 27	-8 20	-12 42	2 59	-1 64	-1 59	12	42	6	45	8	57	-3	-3	
	V	11.90	3	8 4	-1 5	6 7	-0 3	4 2	-14 10	-10 28	-9 19	-2 22	-2 10	11	7	22	3	10	6	10	6	
	VI	12.07	2	5 6	5 13	2 2	-6 7	-2 10	-12 13	-15 21	-7 24	6 24	6 24	8 21	5	20	7	17	3	17	3	
	VII	12.46	9	5 11	-3 8	5 9	-6 9	-1 4	-12 10	-8 10	4 24	2 22	2 22	10	17	7	20	2	20	6	6	
	M ₂	12.15	14	8 20	1 18	8 18	-3 19	0 16	-12 33	-11 59	-8 67	2 66	2 66	9 49	6 49	6 62	4 62	4 47	5 47	5 47	5	
47° N. 30°-31° W.	I	12.07	12	-9 13	-3 6	-1 4	1 5	4 5	7 -7	5 -25	4 1	8 1	8 1	6 8	4 8	14 11	0 14	11 11	0 12	4 12	4	
	II	11.83	6	2 3	-12 4	10 9	5 6	7 7	9 -4	6 -10	11 2	9 -26	11 7	15 7	7 15	7 15	7 15	7 15	7 15	7 15	-3	
	III	11.93	8	3 4	-14 6	2 -16	4 5	-6 12	-5 12	-15 8	-2 12	4 12	4 12	6 5	10 5	10 5	10 5	10 5	10 5	10 5	-8	
	M ₁	11.92	26	-2 20	-6 16	3 29	4 16	2 28	-5 21	-16 23	0 29	-6 28	7 24	8 26	5 38	8 26	5 38	5 38	5 38	5 38	-2	
	V	11.63	7	15 3	4 6	0 4	1 4	-2 4	1 [-13]	5 -9	12 -15	14 -6	14 -6	15 9	7 14	14 9	6 14	14 9	6 14	6 14	12	
	VI	12.04	3	5 2	-0 3	15 1	[4]	5 8	5 -12	11 -10	7 7	2 2	2 2	10 10	9 7	10 10	9 7	10 10	9 7	8 8	-2	
	VII	12.43	9	6 6	7 6	4 -4	6 1	3 1	3 -13	5 -4	2 -2	14 4	9 -4	9 -4	5 5	10 5	10 5	10 5	10 5	10 5	6	
	M ₂	11.99	19	10 13	6 16	6 9	1 15	3 9	-10 15	-8 25	-13 35	-0 36	3 22	6 39	7 22	6 39	7 22	6 39	7 22	7 22	4	
	I	12.79	0	5 -9	9 -6	6 2	7 1	2 [-8]	9 -15	7 3	17 1	14 6	12 8	15 4	13 4	12 8	15 4	13 4	13 4	13 4	4	
	II	12.49	0	2 -10	6 3	8 4	6 5	5 -15	7 -22	10 4	20 -5	17 11	10 19	10 19	10 19	10 19	10 19	10 19	10 19	10 19	-1	
	III	12.57	1	4 4	-1 4	-1 12	2 3	5 -7	5 -17	11 11	1 12	3 19	7 12	16 5	5 5	12 16	5 16	5 16	5 16	5 16	-1	
	M ₁	12.61	1	4 11	-2 19	-2 26	3 18	1 13	-11 21	-18 28	2 49	-1 50	8 34	13 41	3 41	13 41	3 41	13 41	3 41	3 41	1	

46° N. 32°-33° W.	V	1201	1	20	4	4	4	-0	5	2	5	-2	7-22	15	-6	14	5	15	7	9	11	17	9	9	13
	VI	1261	2	6	4	1	3	4	3	1	5	11	8-16	18	-10	15	5	14	-1	21	7	15	11	16	4
	VII	1306	1	-6	6	-8	7	5	8	-1	8	6	6-9	11	0	17	-1	17	-0	14	2	17	2	15	3
	M ₂	1257	4	7	14	-1	14	4	16	1	18	5	21-16	44	-7	46	3	46	2	44	7	49	7	40	6
	I	1296	4	-30	16	-8	4	-5	5	3	9	-1	7-11	7	1	22	-1	16	6	10	11	22	3	18	7
	II	1257	3	-2	2	-11	5	3	19	2	8	4	3-15	17	3	15	-7	17	5	20	13	11	3	19	-9
	III	1248	3	9	4	-8	12	5	10	5	6	-7	9-23	21	4	17	-0	24	3	13	15	13	9	23	-3
	M ₁	1267	10	10	22	-7	21	2	34	2	23	-1	19-17	45	2	54	-2	57	4	43	13	46	5	60	-2
	V	1227	2	17	5	-5	7	8	15	-3	4	6	4-10	10	-14	22	-13	23	-6	27	10	14	13	23	6
	VI	1262	3	7	4	-1	3	14	3	7	7	8	8-19	11	-15	17	-8	16	2	19	1	19	6	16	8
45° N. 34°-35° W.	VII	1304	8	0	9	-1	5	12	7	-3	8	-0	5-13	11	-10	5	3	25	-4	18	6	5	20	6	13
	M ₂	1254	13	7	18	-0	15	11	25	-2	19	6	17-14	32	-12	44	-10	64	-2	64	7	49	9	59	7
	I	1310	6	10	8	-2	12	-5	6	1	6	9	3-5	9	-17	6	-4	17	-1	15	4	9	2	17	8
	II	1283	0	0	0	5	5	14	8	3	0	8	6-17	14	1	20	-1	17	13	11	5	16	-1	18	-3
	III	1310	1	9	8	1	3	6	7	7	4	-6	5-7	5	-29	12	2	12	4	16	6	17	14	16	7
	M ₁	1302	7	11	16	0	20	-1	27	5	13	2	16	-8	20	-20	32	-0	49	-0	48	8	37	8	49
	V	1271	1	13	4	5	7	12	2	-2	6	1	4	-16	3	-10	13	-14	16	-1	16	12	11	8	20
	VI	1324	2	8	4	-5	6	6	4	3	8	5	7	-11	13	-18	15	-8	9	9	13	3	17	7	
	VII	1356	6	-1	3	-2	6	4	9	2	8	-3	6	-10	8	-8	12	-2	14	-1	19	8	10	6	17
	M ₂	1319	9	4	11	-1	19	7	15	3	22	1	17	-12	24	-13	40	-8	39	1	48	8	38	7	
45° N. 36°-37° W.	I	1333	4	6	36	17	6	1	5	-3	7	5	8	-7	7	-13	10	-1	18	-3	13	-0	11	9	18
	II	1292	2	-17	4	-4	3	5	15	8	8	-0	12	-7	5	-8	14	-5	11	-15	15	8	12	11	6
	III	1257	5	-10	5	-6	14	6	4	2	10	-2	4	-17	11	-18	21	8	14	-1	18	-5	13	21	14
	M ₁	1297	11	-6	45	-12	23	3	24	4	25	-0	24	-9	23	-15	25	1	43	-5	46	-0	36	13	38
	V	1251	3	10	8	1	4	-3	9	-3	7	7	2	-20	8	-8	17	-11	21	3	24	13	26	8	
	VI	1297	3	[10]	3	-16	5	6	3	4	5	6	8	-15	6	-10	15	-6	14	5	11	5	16	2	
	VII	1327	5	-6	11	-0	5	6	4	-0	10	-1	3	-6	7	-11	6	-6	25	1	13	8	15	8	
	M ₂	1287	11	6	22	-1	14	5	16	-2	22	4	13	-13	21	-9	38	-9	60	3	48	9	57	6	
	I	1427	3	-6	4	-29	5	-4	4	-4	6	7	6	-8	8	-10	3	0	9	-3	8	-0	6	12	
	II	1373	0	1	[-7]	7	2	-1	6	12	2	-1	3	-8	3	-15	6	2	18	-6	11	5	6	13	
44° N. 36°-37° W.	III	1377	0	7	-5	4	1	5	4	3	4	3	4	-9	3	-22	9	-2	8	12	13	2	9	19	12
	M ₁	1395	3	-3	12	-13	11	-2	15	4	11	6	14	-8	14	-13	18	-1	35	-2	32	2	21	15	34
	V	1318	0	4	9	4	4	11	1	-2	8	6	2	-13	4	-3	11	-22	7	4	10	9	4	-1	
	VI	1379	2	[5]	4	[-7]	4	[3]	2	[-1]	3	2	5	-13	6	-11	10	-6	10	10	2	11	9	13	
	VII	1386	2	[0]	6	1	8	-3	8	3	7	-6	3	-7	5	0	12	-2	4	7	13	2	10	5	
	M ₂	1366	4	0	14	4	16	1	11	4	18	-0	10	-11	15	-5	33	-10	21	7	33	4	25	7	

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
44° N. 38°-39° W.	I	14.38	14 -25	9 -5	6 6	4 11	4 -14	9 -29	5 2	19 6	17 -2	14 8	19 9	9 7
	II	13.81	3 -12	5 -2	12 11	6 6	9 -19	6 -20	12 14	15 1	19 5	11 4	12 -2	22 2
	III	13.77	6 -8	5 -0	2 [5]	9 -1	5 -18	8 -7	16 14	12 -3	19 -3	15 13	18 11	16 -9
	M ₁	13.99	23 -17	19 -2	20 9	19 3	18 -18	23 -19	33 11	46 3	55 -0	40 9	49 7	47 -2
	V	13.35	7 -1	6 11	6 -9	8 4	4 -14	6 -10	19 -11	18 6	22 6	14 3	17 7	16 5
	VI	13.72	5 -5	11 9	6 -5	3 6	6 -22	8 -7	17 -5	12 9	10 4	18 4	13 2	15 4
	VII	13.37	1 6	5 4	6 -5	7 -3	2 [-9]	12 -10	10 1	20 2	17 5	13 7	18 7	13 9
	M ₂	13.62	6 8	21 7	18 -6	18 2	12 -16	26 -8	46 -6	50 5	49 6	45 5	48 6	44 6
	I	13.77	7 -18	7 -2	4 -2	5 20	6 -22	1 -28	8 -3	16 18	14 12	10 -5	13 3	9 9
	II	13.53	7 -16	2 1	5 4	3 -3	11 -13	7 -15	10 7	9 11	16 12	13 -8	7 -2	13 6
44° N. 40°-41° W.	III	13.34	5 14	8 5	3 11	8 0	4 -14	6 -24	9 17	14 -3	26 1	10 7	10 4	10 -5
	M ₁	13.55	22 -17	17 2	12 4	16 5	21 -16	14 -20	27 7	39 9	56 6	33 -2	30 2	32 4
	V	13.42	3 13	5 2	15 -2	8 7	4 -7	6 -9	14 -16	15 2	23 7	17 -1	17 2	12 14
	VI	13.51	2 [-2]	3 8	2 [-2]	7 6	5 -21	7 -1	14 -1	14 -1	11 5	11 -2	15 2	8 8
	VII	13.62	5 8	3 -3	4 4	5 -1	5 -13	5 -27	10 -0	20 9	11 13	12 -1	14 2	7 17
	M ₂	13.51	15 8	11 2	21 -1	20 4	14 -14	18 -11	38 -6	49 4	45 8	40 -1	46 2	27 13
	I	14.44	1 -29	2 -0	1 8	5 7	5 -5	1 -21	2 -4	7 7	3 4	1 2	2 -8	2 12
	II	13.81	2 1	1 -18	5 19	2 2	2 -2	0 [-11]	4 -6	10 4	5 7	5 1	4 3	6 4
	III	14.48	4 3	1 -15	5 7	0 [4]	4 -16	2 -16	3 6	11 2	2 -1	1 11	7 10	3 1
	M ₁	14.24	7 -2	4 -8	11 12	7 6	11 -8	3 -16	8 -3	21 5	10 4	7 0	13 5	11 3
43° N. 38°-39° W.	V	13.54	2 5	2 15	5 10	1 15	0 [-7]	1 -55	6 -10	5 5	3 -2	2 6	5 15	2 10
	VI	14.05	1 0	1 9	2 9	4 4	6 -17	1 -41	3 -1	8 6	6 0	5 20	6 4	6 5
	VII	14.34	3 -0	3 -7	2 -4	2 2	4 -16	0 [-13]	9 -5	2 -2	6 2	4 6	7 14	1 11
	M ₂	14.20	5 0	6 1	9 3	7 4	9 -13	2 [-12]	18 -8	15 2	12 -2	11 11	18 9	5 5
	I	14.86	4 -35	8 -2	4 10	5 4	4 -3	11 -8	6 -8	16 11	11 -5	10 12	15 -12	9 2
	II	14.55	3 -10	2 6	10 14	4 1	6 -10	3 -13	10 -2	17 7	11 3	12 13	10 -8	20 -11
	III	13.83	8 1	4 -1	6 3	8 6	3 -20	5 -16	11 3	9 12	15 8	11 18	15 -14	9 -1
	M ₁	14.44	3 12	14 0	20 10	17 3	13 -10	19 -10	27 -2	42 11	37 2	33 14	40 -12	38 -5
	V	13.66	6 2	6 12	5 -5	7 -5	3 -17	5 1	13 1	14 -2	17 9	9 13	16 -7	14 -1
	VI	13.97	1 0	9 3	6 7	2 7	4 -16	7 -1	12 1	10 7	18 6	14 8	13 -9	12 -14
	VII	14.25	6 8	6 -11	6 -4	7 -7	5 -0	10 8	12 4	17 12	18 10	10 15	18 -13	8 -14
43° N. 40°-41° W.	M ₂	13.98	2 -5	21 1	17 -0	16 -4	12 -9	22 4	37 2	41 6	53 9	23 12	46 -10	34 -10

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
42° N. 48°-49° W.	V	13.53	3 11	5 -44	6 4	10 -5	3 3	3 -8	8 16	15 4	12 -38	18 9	18 15	9 -1	1 12
	VI	12.42	7 0	5 6	3 19	1 -64	6 15	7 8	9 23	19 -20	16 -32	8 27	16 -12	14 27	12 10
	VII	12.99	6 2	8 -3	4 13	6 -15	4 -16	5 -20	5 16	10 28	15 -34	12 -19	8 9	16 19	8 19
	M ₂	13.11	16 0	18 -13	13 10	17 -10	13 -0	15 -8	22 17	44 -3	43 -36	38 4	42 3	39 15	32 7
	I	7.40	10 5	2	4 -18	10 1	7 3	7 -8	4 -49	5 34	12 0	12 6	52 16	8 12	3 3
	II	7.28	9 -2	5 -33	3 23	6 -7	10 9	2 13	8 -39	9 9	6 -14	6 47	9 -1	13 -34	18 -4
	III	5.92	9 -7	3 -22	6 1	3 22	5 -0	1 -19	5 -36	6 -12	7 13	10 -8	20 53	13 -9	7 -5
	M ₁	6.82	28 -1	8 -30	13 -1	19 5	22 7	10 -1	17 -40	20 9	25 2	28 10	81 26	34 -14	28 -3
	V	6.56	7 -14	3 -2	2 -6	3 -9	4 -2	1 -16	6 -4	12 -10	5 -8	9 2	15 11	5 40	10 1
	VII	5.99	5 -7	2 50	2 43	0 [-2]	5 28	1 -60	5 -26	14 -27	8 30	8 8	10 7	10 8	11 -10
41° N. 44°-45° W.	VII	7.02	4 2	5 2	4 7	3 -10	3 23	0 [-20]	4 -40	5 -5	7 16	6 -31	10 21	11 46	8 -7
	M ₂	6.69	16 -10	10 -10	9 15	6 9	12 14	1 -17	15 -23	31 -20	20 14	23 -7	35 11	26 29	29 -8
	I	15.12	1 11	0	3 18	7 3	5 -1	4 -2	4 -2	3 -2	7 4	3 19	2 -6	3 -9	7 -23
	II	15.28	0	3 -10	3 11	5 5	2 -3	1 -10	1 -10	7 -15	11 4	8 11	2 4	13 -8	7 11
	III	14.65	0	7 4	2 -27	6 2	3 5	5 -14	2 -2	5 9	5 18	6 -6	4 27	7 -14	3 2
	M ₁	15.06	1 11	10 -2	8 4	18 3	10 0	10 -10	7 -4	15 -5	23 8	17 6	8 12	23 -10	17 -4
	V	14.96	0	2 0	3 -6	2 -10	0 [4]	2 -5	3 -26	7 2	3 8	4 -2	3 18	8 3	13 15
	VII	15.18	0	1 -22	3 -2	2 -2	4 -2	7 -8	2 3	4 -2	7 -0	7 14	8 7	7 5	4 -13
	VII	15.25	0	4 -2	2 3	2 -12	2 3	2 -7	5 -21	11 -2	5 10	8 5	5 15	10 7	3 -0
	M ₂	15.14	0	7 -4	8 -3	6 -8	6 2	11 -7	10 -18	22 -1	15 4	19 7	16 12	25 5	20 6
41° N. 46°-47° W.	I	13.57	6 -9	4 -13	10 20	26 8	3 9	5 9	10 7	13 -16	31 -17	8 -0	16 1	10 -1	9 -20
	II	13.11	0	5 -36	2 25	4 -8	1 -0	6 -18	2 16	12 -30	16 -7	13 1	11 18	15 0	11 2
	III	13.28	0	6 -31	2 15	5 -5	3 -24	6 -19	4 17	14 11	8 -19	18 -7	20 27	10 -11	10 16
	M ₁	13.39	6 -6	15 -29	14 20	35 5	7 -7	16 -17	16 11	39 -11	55 -15	39 -4	47 16	35 -5	30 -1
	V	12.86	0	4 -34	4 1	1 -19	6 -8	2 16	7 -8	6 15	7 -10	14 8	6 21	16 6	13 -8
	VII	13.62	4 0	3 -10	9 7	2 14	4 13	0 -34	6 -22	8 20	12 9	13 0	13 7	14 11	12 -23
	VII	13.02	1 25	3 10	5 -7	6 18	4 17	5 -28	7 -8	15 20	21 -17	14 -8	12 6	11 21	7 -14
	M ₂	13.14	5 9	10 -13	18 3	9 13	14 5	13 -23	20 -12	29 19	40 -8	41 -5	31 10	41 12	32 -14
	I	9.34	3 28	5 22	3 -11	1 37	4 -26	2 -23	5 -38	13 -28	16 30	14 10	10 11	10 -15	6 53
	II	9.59	8 33	6 -12	1 -56	21 2	2 35	6 10	0 [-33]	4 20	8 31	19 -4	8 13	11 -24	9 6
48°-49° W.	III	9.93	3 21	5 -28	2 -21	5 6	6 -4	3 -26	9 -33	13 34	10 23	11 -18	19 36	6 -18	11 22
	M ₁	9.48	14 31	16 -5	6 -21	27 5	12 -3	11 -4	14 -32	30 -6	34 29	44 -2	37 26	27 -18	26 26

V	8.75	2	47	3	9	5	2	8	-19	4	-8	5	15	4	6	8	-18	10	-2	19	-14	12	46	14	-2	11	-7
VI	8.72	6	43	2	8	0	[3]	1	-47	1	-27	1	-37	3	-20	6	40	21	2	8	23	13	58	10	13	12	-8
VII	9.62	5	12	2	-31	0	[-6]	2	49	6	-12	7	-42	8	20	7	31	17	-15	9	-21	9	53	19	7	4	-61
M ₂	9.17	13	31	7	-5	5	-2	11	-12	11	-12	13	-19	15	9	21	14	48	-6	36	-9	34	50	43	5	27	-19
I	8.62	6	-1	5	-27	4	-0	5	-24	5	33	3	-63	4	-2	7	-20	13	24	12	37	10	-43	11	0	3	57
II	8.50	7	23	4	33	1	-55	13	-5	0	[15]	10	-10	3	-35	10	-4	5	28	14	34	10	18	22	-3	10	35
III	7.96	5	27	3	43	4	-61	6	-30	4	65	5	-40	2	16	7	9	14	31	9	12	20	3	9	-59	4	54
M ₁	8.48	18	15	12	10	9	-35	24	-16	9	46	17	-29	9	-10	24	-6	32	26	35	29	40	-7	42	-40	17	43
V	8.95	6	25	4	7	6	-17	10	-25	3	39	3	-59	3	34	10	-18	7	38	23	-4	18	-13	15	-9	15	36
VI	8.82	3	42	2	37	1	-18	2	-61	7	22	5	-48	3	45	11	1	19	43	16	-3	11	7	9	-5	16	32
VII	9.32	8	13	6	12	1	-53	6	45	6	52	5	-37	6	35	4	-45	15	18	5	2	13	0	23	-29	7	13
M ₃	9.20	17	21	12	13	8	-24	18	-7	16	35	13	-48	12	36	25	-17	41	31	44	-6	42	-9	46	-19	38	28
I	9.74	3	31	2	11	4	22	3	-50	5	16	6	-6	5	-15	6	-37	14	-1	16	45	8	-12	9	12	1	27
II	11.10	9	24	7	-48	1	-5	21	19	0	[13]	7	-27	2	-51	12	-13	5	9	16	55	9	5	16	-16	14	10
III	10.92	6	30	3	-42	5	-7	12	27	6	24	5	-45	6	-40	9	8	17	9	9	32	18	-21	15	-2	4	17
M ₁	10.82	18	27	12	-37	10	1	26	17	11	16	18	-27	13	-35	27	-12	36	2	41	43	35	-15	40	-5	19	16
V	11.54	7	-12	5	-5	3	5	14	1	6	-1	4	-53	2	-5	13	-31	10	-16	21	20	26	28	13	38	15	15
VI	10.97	7	20	0	0	5	-9	1	10	4	34	3	-93	1	10	20	-25	19	-4	15	16	9	2	9	25	12	33
VII	10.94	5	31	6	-19	4	-9	3	31	7	16	5	-76	6	-23	6	1	16	-8	8	11	12	13	25	19	8	26
M ₂	11.01	19	13	11	-11	12	-5	18	11	17	16	12	-71	9	-15	39	-21	45	-7	44	19	47	22	47	26	35	26
I	11.48	2	26	0	0	5	10	4	-22	5	2	5	-22	6	-12	5	-19	14	0	14	10	12	31	20	9	0	[12]
II	11.13	12	40	9	1	3	9	6	-6	0	[2]	4	-18	1	-21	17	-4	4	3	13	2	9	21	9	-3	16	15
III	11.28	4	16	4	-20	4	-32	19	14	6	-2	4	-2	1	27	11	-10	13	4	10	-22	16	11	8	-4	7	15
M ₁	11.39	18	31	13	-8	12	-5	29	4	11	-0	13	-16	8	-8	33	-10	31	2	37	-2	37	19	37	3	23	13
V	11.45	6	15	5	-26	2	26	8	17	3	-17	3	9	3	-38	12	-39	9	-10	15	7	16	30	15	21	15	-5
VI	11.61	7	10	1	-56	7	4	4	6	8	-13	5	-32	2	-1	16	-20	18	-30	13	16	12	18	14	33	9	20
VII	11.14	2	44	8	-7	2	-31	2	29	6	17	6	-31	6	-18	5	-27	12	-3	8	32	13	17	22	10	13	6
M ₂	11.30	15	18	14	-18	11	3	14	17	17	-2	14	-22	11	-20	33	-26	39	-16	36	17	41	23	51	20	37	6
I	12.69	1	4	4	-15	4	-14	5	6	6	-16	9	-17	7	0	4	27	13	-14	12	8	9	2	15	-5	0	[-6]
II	12.67	10	39	6	-3	3	3	5	12	1	-41	4	-7	3	-46	17	2	6	16	15	22	8	4	12	25	18	11
III	12.23	5	10	3	3	0	[7]	18	7	3	-4	3	-12	3	-26	13	15	10	4	14	14	11	6	8	-7	7	4
M ₁	12.12	16	22	13	-8	7	8	28	7	10	-12	16	-13	13	-16	34	6	29	-1	41	13	28	3	35	4	25	-0
V	12.25	8	-22	3	-46	2	27	7	6	6	-24	3	-19	2	-64	13	8	10	29	13	37	16	2	12	-11	15	8
VI	12.26	4	26	0	0	6	27	7	-8	5	-53	4	-46	2	-33	17	23	19	12	16	50	13	23	15	0	9	5
VII	12.75	4	12	9	-42	3	-34	2	12	4	-10	7	-50	9	-18	7	20	10	19	10	45	12	-2	19	14	12	6
M ₂	12.49	16	-2	12	-42	11	10	16	-1	15	-31	14	-42	13	-26	37	16	39	17	39	43	41	6	46	3	36	6

41° N.
50°-51°
W.41° N.
52°-53°
W.41° N.
54°-55°
W.41° N.
56°-57°
W.

De- Feld	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
41° N. 58°-59° W.	I 12.41	3 29	4 -33	6 0	4 -26	7 3	12 -14	6 2	3 19	10 26	13 3	28 -26	15 5	0 [8]
	II 12.42	5 9	6 -28	4 9	5 -4	0 [-1]	7 -31	5 -36	21 8	10 18	12 1	9 18	14 11	16 7
	III 13.01	7 16	2 6	4 -15	5 16	4 -14	4 -19	6 -29	10 -0	12 25	14 5	15 20	8 5	6 7
	M ₁ 12.53	15 18	12 -24	14 -1	14 -2	11 -2	23 -20	17 -19	34 7	32 24	40 4	52 -5	37 8	22 7
	V 12.83	8 -10	0	0 [-12]	7 11	5 -12	5 27	5 -43	17 9	7 7	13 1	12 23	10 7	16 -3
	VI 12.85	1 11	2 -19	8 -2	4 9	7 29	3 -15	6 -29	8 3	19 5	11 7	9 -11	18 6	7 -1
	VII 12.16	3 5	7 -13	2 -47	3 -22	2 8	8 -10	5 -16	11 4	15 6	11 42	9 16	15 4	15 13
	M ₂ 12.81	12 -6	9 -19	10 -12	14 3	14 11	16 -3	16 -31	36 4	41 1	35 14	30 9	43 4	38 1
	I 11.99	3 43	3 5	5 -3	6 -9	8 -28	9 20	6 -4	2 3	8 15	17 -2	11 -4	17 -9	1 20
	II 10.81	5 -58	6 1	1 -8	3 33	1 -28	4 -10	3 -5	16 -8	7 9	12 16	11 3	16 -1	19 17
41° N. 60°-61° W.	III 11.69	6 -26	1 -7	4 -14	7 4	7 6	5 -2	5 -11	15 -10	12 9	11 4	11 -1	6 4	7 10
	M ₁ 11.50	14 -23	10 -1	10 -5	16 6	16 -10	18 9	14 -5	33 -11	27 12	40 6	33 -1	39 -11	27 11
	V 12.35	5 10	1 -14	1 -44	7 4	6 -10	2 21	7 13	12 -8	8 5	15 27	9 -13	5 -10	19 14
	VI 12.06	1 49	1 -11	3 9	4 14	8 -2	3 -4	4 -11	11 -8	16 5	9 49	11 -35	16 5	3 -23
	VII 12.19	4 1	5 -32	3 -47	3 8	3 -9	5 4	6 21	7 -55	9 31	9 36	8 -5	11 1	12 14
	M ₂ 12.35	10 10	7 -42	7 -24	14 7	17 -8	10 4	17 9	30 -20	33 10	33 34	28 -21	32 -1	34 10
	I 9.69	2 -1	3 -6	3 37	5 28	5 -46	5 29	2 23	5 -1	4 -40	13 -10	10 -9	10 22	1 -34
	II 9.80	3 -1	7 14	0 [12]	2 -38	0 [-22]	0 [13]	3 40	7 -19	7 -8	6 -27	8 10	15 13	15 26
	III 10.22	3 -74	1 2	4 -11	2 23	6 -6	5 -6	1 52	14 -43	12 -20	8 -5	10 9	9 9	12 3
	M ₁ 9.87	8 -28	11 7	7 11	9 -10	11 -23	10 12	6 36	26 -27	23 -18	27 -12	28 3	34 13	28 15
41° N. 64°-65° W.	V 10.25	5 -6	2 -62	0 [-10]	1 -54	5 42	2 33	3 41	10 -31	7 -22	8 37	6 -38	4 9	11 -3
	VI 10.13	0	0	2 24	2 -36	8 -14	2 9	4 26	11 -7	11 2	8 38	8 -28	14 -12	4 -1
	VII 10.78	2 -13	5 -64	6 -26	2 -0	2 -43	3 2	6 12	4 -43	1 57	8 29	6 -32	10 33	10 12
	M ₂ 10.22	7 -7	7 -59	8 -10	5 -24	15 1	7 15	13 25	25 -22	19 -4	23 36	20 -31	28 8	25 5
	I 8.65	1 -15	2 -55	3 26	7 35	2 -30	2 25	1 -67	1 -8	4 14	12 2	0 [37]	10 -4	8 -28
	II 6.82	6 -6	6 21	2 32	1 -48	2 -7	0 [13]	2 -37	1 5	2 -14	3 -36	2 47	0 [16]	10 -10
	III 7.75	2 -11	2 28	0 [30]	1 -47	2 19	1 -57	4 37	11 -21	5 11	5 -35	2 54	5 11	7 1
	M ₁ 8.42	9 -20	10 -4	5 23	9 21	6 -13	3 -3	7 -8	13 -25	11 2	20 -16	4 39	15 0	25 -20
	V 9.48	3 29	0	1 -25	1 7	4 -15	1 -5	2 20	5 -39	5 -23	0 [5]	2 -1	1 43	5 32
	VI 7.11	0	0	0 [-10]	3 -32	4 -26	0 [12]	3 22	4 -17	3 -5	3 27	7 -1	9 -6	6 -16
	VII 7.87	2 51	3 -22	3 -20	3 5	1 -30	2 1	2 16	3 -20	0 [-9]	2 23	4 -13	3 2	6 45
M ₂ 7.89	5 47	3 -22	3	4 -18	7 -12	9 5	3 4	7 21	12 -23	8 -9	5 21	13 -6	13 -5	17 22

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
40° N. 58°-59° W.	V	14.65	1 43	4 -9	5 11	1 -27	6 -2	6 3	11 -34	4 5	8 10	17 5	5 34	11 -12	11 6
	VI	15.15	6 39	4 4	1 -11	3 -15	2 -18	3 -5	6 -28	12 9	10 19	6 27	10 4	11 33	13 -13
	VII	15.95	2 6	1 11	4 13	3 -18	7 -21	4 -4	7 -12	14 8	10 4	13 14	10 5	13 22	5 -11
	M ₂	15.29	9 5	9 -4	10 9	7 -17	15 -13	13 -2	24 -28	30 10	28 11	36 11	25 11	35 15	29 -7
	I	14.99	4 -33	0	5 25	4 -3	3 -11	3 -0	6 -20	2 -15	13 21	7 -2	12 1	11 13	9 -9
	II	14.28	13 1	6 -24	3 -13	6 10	4 -2	2 -15	4 -23	12 5	5 27	9 -5	7 22	9 -7	11 1
	III	14.38	4 5	2 -14	1 -9	7 -10	5 -31	3 -27	1 -32	12 6	12 40	10 13	11 10	7 22	9 18
	M ₁	14.62	21 -7	8 -24	9 9	17 -3	12 -17	8 -19	11 -22	26 1	30 30	26 1	30 9	27 8	29 2
	V	13.95	2 -4	5 22	3 14	1 -9	6 10	3 -24	7 -27	4 40	6 5	15 -7	9 3	11 0	7 -3
	VI	14.26	5 -8	3 24	0 [22]	3 4	3 1	1 17	6 -39	10 19	7 -11	10 -0	8 -4	11 -7	11 -4
40° N. 60°-61° W.	VII	15.30	2 12	4 3	4 21	2 2	0 20	3 -13	5 1	15 8	6 -20	11 15	9 -19	19 -18	5 2
	M ₂	14.43	9 -4	12 16	7 21	6 2	18 16	7 -12	18 -23	29 19	19 -8	34 2	26 -6	41 -8	23 -3
	I	13.25	2 -47	4 13	7 17	5 15	10 -16	6 18	9 -10	3 -15	12 7	9 -11	11 -13	11 -9	7 18
	II	14.18	9 8	9 -8	2 -24	11 -6	1 18	7 10	6 -3	14 -8	7 2	12 16	8 -6	10 -23	8 23
	III	13.88	3 -27	5 -7	2 1	7 -2	4 18	3 -2	2 -54	10 9	11 14	10 19	13 10	8 -35	7 22
	M ₁	13.83	14 -6	18 -2	11 4	23 0	15 -8	19 8	17 -15	27 -1	30 7	31 9	32 -3	29 -22	22 21
	V	14.11	3 -54	3 -8	5 3	1 -21	3 -6	5 40	6 17	6 1	6 -27	14 15	12 -16	14 -10	9 10
	VI	14.79	6 -61	3 -25	3 -8	4 -5	1 0	1 22	3 -17	12 -12	8 27	12 17	8 -26	16 3	11 -1
	VII	15.22	4 -16	1 -62	1 28	2 8	5 -10	5 -0	6 -24	20 -21	10 -4	12 28	7 -41	19 12	7 26
	M ₂	14.65	13 -13	7 -24	9 -3	7 -2	9 -6	11 20	15 -6	38 -12	24 2	38 20	27 -26	49 4	27 10
40° N. 62°-63° W.	I	12.90	2 -83	3 6	5 14	7 -3	9 -17	6 -22	8 36	8 -14	16 19	12 7	13 -0	13 -12	7 -8
	II	12.67	6 30	5 1	2 8	18 -30	1 -17	7 -16	4 18	16 -12	9 20	15 10	10 24	11 -7	14 2
	III	12.90	3 -12	5 14	3 -7	7 -34	2 11	6 8	7 36	10 -9	12 -6	19 -3	16 6	9 -4	6 1
	M ₁	12.77	11 -2	13 7	10 7	32 -25	12 -11	19 -10	19 33	34 -12	37 11	46 4	39 9	33 -8	27 -1
	V	13.75	4 -10	3 3	4 25	7 -46	6 5	4 65	9 -10	9 -22	5 -27	22 -21	15 -20	19 20	14 31
	VI	13.60	5 -9	6 -42	3 -53	4 -6	2 27	5 44	5 32	12 -31	13 -13	16 6	11 -33	19 -2	17 29
	VII	13.67	3 7	2 -32	4 23	3 7	7 6	6 8	6 3	18 -12	17 -21	11 4	6 -47	14 16	11 13
	M ₂	13.57	12 11	11 -27	11 1	14 -22	15 10	15 36	20 6	39 -19	35 -18	49 -6	31 -29	52 12	42 26
	I	11.31	3 -83	4 -42	4 17	10 -16	9 -9	9 28	12 -6	15 -11	16 37	21 20	14 -10	14 -25	6 -27
	II	11.61	8 -27	7 -44	1 -16	8 15	1 16	8 -17	3 -6	16 -11	14 33	20 31	18 11	22 -24	22 -32
40° N. 64°-65° W.	III	9.93	8 9	7 1	2 -33	7 0	7 -8	8 -9	6 -23	10 3	32 27	21 25	23 29	16 3	8 -14
	M ₁	10.93	19 -21	18 -27	7 -2	25 -1	17 -9	24 1	21 -11	41 -6	62 28	62 25	55 12	52 -15	36 -25

40° N. 66° 07' W.	V	10.89	6	39	7	-29	4	71	7	-18	9	0	5	1	6	-29	11	-24	8	-4	27	1	20	2	19	1	18	-1
	VI	10.20	4	46	6	-23	6	-20	7	-9	8	8	5	1	8	-1	17	-5	17	-6	22	6	13	-6	23	17	16	21
	VII	11.13	2	-6	2	14	5	-5	6	-11	8	-4	10	-9	7	37	20	-28	16	-12	20	0	10	-11	17	-15	16	59
	M ₂	10.68	12	38	15	-21	15	7	20	-13	25	2	20	3	21	4	48	-18	41	-8	69	3	43	3	59	3	50	26
40° N. 66° 09' W.	I	7.18	4	-42	4	-57	9	10	9	-28	10	-16	8	10	12	-12	11	3	19	38	22	8	10	-3	13	17	9	-10
	II	6.86	11	-26	9	-29	2	41	15	-20	5	-28	6	6	5	-25	14	-8	12	24	10	-1	19	-10	25	12	22	8
	III	6.14	10	-15	8	-5	5	15	9	-2	4	10	7	-10	3	-13	15	7	33	32	13	-24	23	2	18	1	12	2
	M ₁	6.72	25	-25	21	-26	16	16	33	-17	19	-17	21	3	20	-13	40	-0	64	31	45	-10	52	-5	56	10	43	2
40° N. 68° 09' W.	V	7.35	9	-20	7	-6	2	97	8	13	10	-20	7	-2	10	-31	21	-17	7	4	25	-9	18	-4	19	-13	24	-8
	VI	7.12	5	-18	2	44	5	19	3	-11	7	-16	2	34	7	-22	22	5	19	-4	17	10	13	4	26	-9	20	-10
	VII	7.81	6	26	6	-3	8	-1	7	-5	15	-21	10	26	8	-13	22	-7	17	21	20	-4	12	1	19	13	12	16
	M ₂	7.24	20	2	15	4	15	22	18	4	32	-17	19	19	25	-21	65	4	43	8	62	-0	43	1	64	-10	50	-3
40° N. 68° 09' W.	I	5.16	5	23	8	-11	5	5	8	-14	6	-1	10	-1	13	-1	6	-17	18	14	25	3	9	10	20	14	12	9
	II	4.67	10	-7	15	19	3	22	12	-17	6	-4	10	5	10	-9	11	21	16	12	20	7	21	-1	14	14	29	7
	III	4.32	7	-1	6	0	7	17	8	-17	6	23	7	-3	6	-15	16	-19	26	7	19	-7	20	1	22	10	10	3
	M ₁	4.73	22	-9	29	7	15	14	28	-16	18	6	27	1	29	-6	33	21	60	10	64	-3	50	3	56	12	51	7
40° N. 68° 09' W.	V	4.38	10	6	7	-1	4	-1	4	-2	10	9	6	14	7	-17	12	10	12	12	20	2	18	3	15	2	22	11
	VI	5.38	5	-4	4	-4	3	-7	11	-12	7	-2	5	30	11	-15	22	-5	9	-6	18	-0	14	3	32	0	21	8
	VII	6.11	5	-11	3	-14	5	20	6	-9	10	-10	8	29	8	-9	20	-8	16	-1	18	-11	12	-5	19	0	10	4
	M ₂	5.34	20	-3	14	-8	12	6	21	-9	27	-1	19	27	26	-14	54	-7	37	-5	56	-4	44	-1	60	1	53	6

Tabelle 2 W.

Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen von dem 11-jährigen Mittel (1900—1910) für beide Dekadengruppen für die 10-Längengrad-Felder der nördlichen Route (Kanal—New-York). Abweichungen in $1/100$ °C.

W.-Lg.	Mittel 1900—10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
I—III Dekade. 3. Februar—4. März.														
10—19°	10.64	54	20	-6	-21	-32	11	-77	31	-8	27	30	50	-5
20—29°	11.67	3	-51	-23	0	-4	-32	-121	-1	-3	86	59	52	-15
30—39°	13.02	-4	-86	2	44	19	-93	-169	22	-16	40	114	52	-12
40—49°	12.83	88	-152	-5	39	0	-104	-167	3	91	48	126	-49	29
50—59°	12.81	117	-161	5	14	40	-171	-174	-25	105	55	10	24	118
60—69°	10.05	-163	-50	64	-90	-102	34	29	-110	115	28	21	-30	44
10—69°	11.84	16	-81	6	-3	-13	-61	-115	-13	48	48	60	17	27
20—59°	12.58	51	-112	-5	25	14	-103	-160	-0	44	58	78	20	30
V—VII Dekade. 15. März—13. April.														
10—19°	10.74	49	38	-27	-27	-23	-6	-59	3	14	44	18	54	10
20—29°	11.69	66	35	13	-11	11	-82	-104	-58	5	82	41	57	46
30—39°	12.92	60	9	60	-1	31	-128	-103	-90	25	55	65	57	29
40—49°	12.59	57	-34	59	-33	2	-148	-21	4	-14	22	113	65	-39
50—59°	13.07	90	-194	14	17	42	-209	-144	-16	13	88	52	46	99
60—69°	10.58	54	-252	3	-83	-27	170	6	-147	-23	119	-155	24	115
10—69°	11.93	63	-66	20	-23	6	-67	-71	-51	3	68	22	51	43
20—59°	12.57	68	-46	37	-7	22	-142	-93	-40	7	62	68	56	34
Mittelwerte für beide Dekadengruppen zusammen.														
10—69°	11.88	39	-74	13	-13	-47	-64	-93	-32	25	58	41	34	35
20—59°	12.58	60	-81	16	9	18	-122	-127	-20	26	60	73	38	32

Tabelle 3 W.

Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen von dem 11-jährigen Mittel (1900—1910) für jede Dekade (I—III) und für jedes 10-Längengrad-Feld (s. S. 53 f.) **des südlichen Gebiets** (Portugal bis 40° W-Lg.). — M gibt die Mittelwerte der ganzen Dekadengruppe (3. Februar—4. März). — Die *erste Kolonne* für jedes Jahr gibt die Anzahl der Beobachtungen an, die *zweite Kolonne* die Abweichungen in $\frac{1}{10}$ °C. — Die Klammern und die Zahlen mit Kursivschrift bezeichnen dasselbe wie in Tabelle 1 W.

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
10-19° W. 37-38° N.	I	14.31	12 -21	11 9	24 9	51 6	41 2	20 2	12 -5	35 1	11 -6	28 -1	38 -6	16 -5	30 3
	II	14.24	17 7	5 -12	19 11	9 -7	46 -2	45 8	11 0	23 2	37 1	10 -14	39 -4	10 -1	23 6
	III	14.16	27 -1	11 0	8 14	15 4	16 -4	20 9	48 -11	19 -3	23 4	10 -5	35 -8	17 -9	14 9
	M	14.26	56 -4	27 2	51 10	75 4	103 -2	85 6	71 -9	77 0	71 0	48 -4	112 -6	43 -6	67 5
10-19° W. 39-40° N.	I	13.50	7 -24	0	18 6	36 -0	17 1	25 3	12 -5	29 2	14 -11	20 -3	40 -3	33 5	28 5
	II	13.49	13 0	4 -14	29 10	17 1	21 -3	29 4	10 -4	26 2	40 -1	13 -9	25 -3	15 2	22 4
	III	13.20	21 -3	12 1	29 3	15 6	33 -2	25 10	51 -8	29 2	19 -1	12 -3	50 -3	16 -8	17 7
	M	13.41	41 -6	16 -4	76 6	68 2	71 -3	79 7	73 -8	84 2	73 -3	45 -5	115 -4	64 0	67 5
10-19° W. 41-42° N.	I	12.90	6 -28	10 -2	26 7	34 -1	3 -6	24 5	14 -2	20 8	14 -6	20 2	27 -3	18 -1	32 2
	II	12.94	10 4	4 -1	16 5	13 -5	19 3	33 5	27 -4	23 10	35 -1	14 -7	39 -1	11 -4	15 1
	III	12.72	29 1	34 2	18 7	8 5	21 -3	20 7	22 -7	21 -1	23 0	11 -1	21 -4	20 -8	10 6
	M	12.86	57 -2	48 -0	60 6	55 -1	43 -1	77 6	63 -5	64 6	72 -3	45 -3	87 -3	49 -4	57 3
10-19° W. 43-44° N.	I	12.10	2 11	13 3	16 4	24 2	5 -6	15 4	8 -9	15 11	16 -4	19 -8	8 0	16 0	23 5
	II	12.13	27 10	6 1	22 3	4 -1	6 3	21 4	35 -5	14 10	18 -4	3 2	34 1	3 -13	0 [2]
	III	11.85	44 9	35 5	9 4	7 -0	21 -7	16 3	21 -3	12 -5	11 4	18 8	22 0	11 5	5 -9
	M	12.08	73 8	54 13	47 3	35 1	32 -6	52 4	64 -6	41 6	45 -2	40 -1	64 -0	30 -1	28 2
20-29° W. 37-38° N.	I	15.25	2 7	28 -4	5 3	31 8	22 1	7 -4	9 -4	14 3	0 [4]	2 -3	15 -7	8 -2	13 1
	II	15.26	1 7	4 -6	2 4	19 4	8 2	19 -3	17 -5	23 -3	15 1	0 [4]	33 0	10 -5	0 [1]
	III	14.96	8 2	18 -2	6 2	3 2	2 4	2 -10	10 -15	9 7	10 12	0 [7]	7 -7	12 -1	2 -2
	M	15.24	11 2	50 -4	13 1	53 6	32 1	28 -4	36 -8	46 0	25 4	2 [5]	55 -3	30 -4	15 1
20-29° W. 39-40° N.	I	14.46	2 13	26 -7	13 -4	11 6	21 5	2 -2	6 -9	16 5	2 -6	5 8	5 -8	28 -5	22 10
	II	14.59	4 9	2 -10	9 2	15 4	11 3	23 1	15 -3	27 -2	10 -6	7 12	44 1	9 -6	1 -3
	III	14.22	8 3	12 -6	10 2	7 11	4 4	4 -2	25 -3	3 7	7 4	1 -29	25 2	4 -3	2 7
	M	14.60	14 4	40 -9	32 -3	33 5	36 3	29 -2	46 -6	46 0	19 -4	13 6	74 -1	41 -6	25 8

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
20-29° W. 41-42° N.	I II III M	13.88 13.66 13.95 13.71	6 -3 20 17 3 -6 29 10	14 -5 16 -7 9 -3 39 -5	10 -5 14 5 13 -4 37 1	9 2 0 [2] 13 -2 22 2	19 2 6 3 3 -2 28 3	0 [-1] 26 1 1 20 27 1	0 [-12] 9 -5 35 -12 34 -8	8 1 18 -1 8 4 34 1	5 1 17 -7 1 -1 23 -5	1 10 25 9 51 -5 86 1	0 72 3 41 -1 113 2	5 2 18 -9 15 2 38 -2	20 9 15 0 6 3 41 6
20-29° W. 43-44° N.	I II III M	13.02 13.05 13.08 13.01	15 4 52 5 3 3 70 5	28 5 11 -1 18 -1 57 2	36 -3 25 6 17 2 78 1	17 -1 1 10 13 1 31 0	32 0 -1 1 36 -1 73 -0	0 [2] 11 0 10 2 21 2	1 -11 8 -14 22 -9 31 -9	26 0 -0 26 3 10 87 2	0 7 26 -8 5 42 46 -3	13 13 13 12 5 30 68 4	5 5 35 -3 1 23 70 2	12 3 20 -14 3 3 55 -3	10 5 35 7 19 0 64 5
30-39° W. 37-38° N.	I II III M	15.95 16.28 16.09 16.11	7 -4 10 3 0 3 17 0	14 -20 14 -11 18 -10 45 -17	31 -0 12 5 30 -16 74 -7	14 0 7 -3 8 1 29 -1	4 11 6 6 0 [-0] -1	0 [-4] 14 -12 24 -3 38 -6	3 7 18 -6 29 4 50 1	14 2 11 -3 20 -1 45 -1	11 2 12 1 2 7 25 2	11 -14 38 7 12 6 61 4	1 -8 75 3 15 5 91 4	19 -4 41 1 11 1 71 0	18 9 22 -0 3 -3 43 3
30-39° W. 39-40° N.	I II III M	15.34 15.44 15.79 15.33	16 7 14 6 0 3 30 5	13 -4 18 -6 15 -11 46 -7	36 1 11 3 4 11 51 1	2 7 5 2 3 5 10 4	7 -5 4 -3 20 -5 31 -4	1 -5 8 -14 12 -3 21 -6	0 [-5] 21 -5 12 -11 33 -7	3 -3 36 2 19 -5 58 -3	8 -2 20 1 9 9 37 2	14 2 26 9 9 -4 49 4	1 -3 46 5 21 3 68 5	19 -2 20 2 11 -2 50 -1	17 16 24 1 12 3 53 6
30-39° W. 41-42° N.	I II III M	14.81 14.73 14.71 14.84	41 2 12 4 18 1 71 2	25 -6 17 -11 5 -3 47 -7	33 4 4 1 6 3 43 3	1 4 4 4 -9 2 7 -1	21 -6 0 [-5] 26 -5 47 -6	0 [-7] 0 [-6] 0 [-7] 0 [-7]	2 -31 0 [-7] 0 [-7] 2 [-8]	10 2 31 3 30 1 71 1	5 9 7 -7 1 8 17 3	0 [6] 11 7 0 [7] 11 6	10 8 10 9 12 11 32 8	7 10 9 5 5 6 21 6	15 1 17 -3 6 -1 41 -5
30-39° W. 43-44° N.	I II III M	13.99 13.63 13.67 13.86	19 -5 2 -3 34 8 55 2	12 -1 3 3 3 -2 18 -0	51 3 24 6 2 5 77 4	1 3 8 4 0 [4] 3 2	20 -3 0 [1] 1 -7 21 -2	12 -11 0 [-12] 7 -20 19 -14	8 -13 5 -15 0 [-12] 13 -14	4 0 -1 2 6 9 12 3	9 3 -3 0 6 4 17 2	0 [8] 0 [11] 0 [11] 0 [9]	19 10 0 [13] 14 13 33 11	1 1 -7 1 3 -1 5 -3	0 [0] 1 1 0 3 1 1
10-19° W. 37-44° N.	M	13.15	-0.8	-2.4	6.6	1.4	-2.8	5.8	-6.9	3.3	-2.0	-3.4	-3.1	-2.6	3.9
20-29° W. 37-44° N.	M	14.14	5.3	-3.9	0.1	3.2	1.6	-0.8	-8.0	0.8	-2.1	4.2	0.1	-3.8	4.8
30-39° W. 37-44° N.	M	15.04	2.1	-7.2	0.3	1.3	-3.2	-8.3	-7.0	0.0	2.3	5.7	7.2	0.5	1.5

Tabelle 4 W.

Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen von dem 11-jährigen Mittel (1900—1910) für Februar und für 16. März—15. April für die dänischen Felder (zwischen 50° und 64° N.Br. und zwischen 0° und 40° W.-Lg. vgl. S. 7 ff.). Die Abweichungen sind in 1/10 °C. angegeben. Die Zahlen zwischen *Klammer*n sind unzuverlässig wegen zu geringer Anzahl von Beobachtungen, und werden deshalb für die Berechnung der Gruppenmittel nicht berücksichtigt.

Breite	Länge	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
Februar:															
59° N.	0 u. 1° W.	6.3		3	5	-1	-4	1	-3	-2	-2	4	0	6	-4
	2 " 3° "	6.7	15	0	11	2	-2	4	-8	4	0	3	2	4	3
	4 " 5° "	7.4	19	8		1	-5	0	-6	3	1	-1	-4	4	1
	6 " 7° "	7.8	15	6		5	2	2	0	6	-6	-8	-12	2	-2
	8 " 9° "	8.2		7		3	5	9	-5	1	-6	-1	-4	1	-8
58° N.	0 " 1° "	6.5	13	-2	4	-3	3	6	-3	4	-6	3	-4	2	0
	2 " 3° "	6.5	13	-3	-2	-2	-2	9	-5	2	-6	-2	3	5	
	4 " 5° "	6.7	11	-2	2	3	11	17	-7	8	-17	-10	-1	-1	
	6 " 7° "	7.7	15	-5	-8	0	9	10	-8	4	-2	-11	-1	4	0
	8 " 9° "	8.4	-3	0	3	-1	1	24	-5	5	-10	-10	-6	-4	0
58-59° N.	0-9° W.	7.2	12	1	2	1	-0	8	-5	4	-5	-3	-3	2	-1
50° N.	10 u. 11° W.	8.0		[11]	-2	0	-1	0	-2	2	-5	-5	[16]	4	-12
58° N.	10 " 11° "	8.3	2	0		0	8		-3	4	-9	-13	-3	-1	4
	12 " 13° "	8.3	5	5	-4	2	14	[-4]	0	10	-14	-6	-3	2	1
	14 " 15° "	8.0	6	[19]	4	9	7	2	-1	0	-7	-2	-7	8	-11
	16 " 17° "	8.2	1				7	0	-1	-3	-8	-2	-5	3	-4
57° N.	12 " 13° "	8.4	-1	-6	4	[-1]	3	5	1	0	-6	-10	[11]	9	
	14 " 15° "	8.1	1	7	-10	5	3	6	-2	4	-10	-14	-3	5	-11
	16 " 17° "	8.5	3	5	2	4	4	9	-3	4	-4	-12	-2	5	-7
56° N.	18 " 19° "	8.6	7	2	5	[22]	8	-7	-6	-4	-3	-7	-4	5	
	18 " 19° "	8.4	2	8	9	9	10	3	-1	-2	-7	[-24]		7	
56-59° N.	10-19° W.	8.3	3	3	1	5	6	2	-2	2	-7	-8	-4	5	-6

Breite	Länge	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
57° N.	20 u. 21° W.	8.4	6	3	7	2	[17]	5	-10	-6	-7	-6	-2	4	-5
56° N.	20 " 21° "	8.8	8	-3	17	10	2	-6	-7	-6	-4	5	-2	7	-4
	22 " 23° "	8.5			4		7	-3	-10	-5	[11]	-3	-8	3	-6
	24 " 25° "	7.8	2	-22	14	4	7	10	-8	-3	-14	-10	-1	7	-10
55° N.	22 " 23° "	8.8	4	-8	-1	6	13	11	-9	-10	-1	-3	2	5	-8
	24 " 25° "	8.3			[10]		8	4	[-17]	-15	-2	[9]	1	-3	-6
	26 " 27° "	7.5	3	-9	7	4	9	9	-9	-9	-4	-5	[5]	4	
54° N.	26 " 27° "	7.9	11	7	7	4	11	7	-4	-18	2	4	-1	6	
	28 " 29° "	7.2		12	14	9	12	1	[-21]	-6	-3	12	[-6]	1	-6
53° N.	26 " 27° "	8.1	6	-5	7	2	9	-2	-14	-15	-11	[14]	5		
	28 " 29° "	7.6													
53-57° N.	20-29° W.	8.1	6	-3	8	5	9	3	-9	-9	-5	-1	-1	3	-6
53° N.	30 u. 31° W.	6.7	14	-6	2	[-3]	9	-4	-10	-4	-6	3	6	1	6
	32 " 33° "	6.1			[-14]		8	8	-12	-6	[-1]	[4]	5	[-11]	[-1]
52° N.	30 " 31° "	7.6	1	-11		5	0	-7	-20	-3	-11	14	7	11	
	32 " 33° "	6.9	14	4	7	15	0	8	-13	-9	-14	-3	2	0	7
51° N.	32 " 33° "	8.9	-8	-21	10	2	-1	14	-21	-10	-1	-3	-1	10	
	34 " 35° "	8.2	3	-6	1	14	27	0	-15	-11		-10	-2	1	9
	36 " 37° "	7.5			[12]		10	-16	-5	-5	-29	-22	8	17	18
50° N.	34 " 35° "	9.7	-8	7	8	1	19	-10	-6	-3	-7	1	-1	-1	
	36 " 37° "	9.1	-5	[22]	11	3	8	0	-24	-1	1	-13	22	-1	-14
	38 " 39° "	9.5	-7			-6	11	-5	3	4		-22	9	-2	9
50-53° N.	30-39° W.	8.0	1	-6	7	5	9	-1	-12	-5	-11	-6	6	5	6
60° N.	2-5° W.	7.0	0	-6	-7	-22	10	7	-1	10	-3	0	7	3	0
62° N.	6-15° W.	6.7	4	4	1	2	5	-1	5	2	-10	1	-1	-1	-2
63° N.	17-22° W.	5.6	-6	-9	-13	8	5	3	-1	5	-2	-10	-2	1	4
56° N.	0-2° W.	5.6	1	5	-4	-4		4	3	1	-4	-1	2	6	-1

16. März—15. April:

59° N.	0 u. 1° W.	6.2	1	-4	-6	1	-4	8	-3	0	-2	-1	3	0	6
	2 " 3 "	6.7	2	0	-4	-2	-1	2	-1	3	-2	3	-1	-3	2
	4 " 5 "	7.5	4	1	-4	2	1	8	2	2	-4	5	0	-5	0
	6 " 7 "	8.0	8	2	-7	1	0	1	1	-2	-2	4	-2	-3	2
	8 " 9 "	8.0			-4	3	0	1	-1	-7	-1	5	-5	2	4
58° N.	0 " 1° "	6.1	4	8	-7	0	-7	4	8	0	-1	0	3	0	2
	2 " 3° "	6.4	3	9	-6	1	-2	5	-3	0	-4	1	2	5	-2
	4 " 5° "	6.7	4	6	-5	0	0	3	2	-2	4	-3	2	2	1
	6 " 7° "	7.6	0	6	-4	-9	1	5	3	0	-5	2	6	4	4
	8 " 9° "	8.3	1	10	-3	-3	0	-4	3	-5	0	4	-2	4	3
58-59° N.	0-9° W.	7.2	3	4	-5	-1	-1	4	1	-1	-2	2	0	1	2
59° N.	10 u. 11° W.	8.3	-6	2	-10	7	-2	-6	0	-1	-1	12	-5	1	5
	12 " 13° "	7.9		4	2	2	-1	-6	-1	-9	-1	1	-1	3	-2
	14 " 15° "	8.0	-4	[-14]	4	3	1	-2	-3	-3	-1	1	-1	2	-6
	16 " 17° "	7.9	5	7	7	5	1	-5	-2	-7	-2	2	0	1	-3
	18 " 19° "	7.9		[-9]	5	5	4	-3	-3	-10	4	3	0	7	-7
58° N.	10 " 11° "	8.2	4	19	2	1	-3	[3]	2	-3	1	0	3	8	4
	12 " 13° "	8.4	5	13	10	-3	-5	-3	3	-4	0	3	-2	0	7
	14 " 15° "	8.3			-3	16	-6	-7	0	-7	2	9	2	2	2
	16 " 17° "	8.3			-3	10	-4	-4	1	-8	9	15	-4	[-15]	7
57° N.	12 " 13° "	8.3	3	12	5	9	6	-1	6	0	-5	-7	2	-4	-2
	14 " 15° "	8.2	3	10	-3	6	6	1	-1	-9	1	-4	7	2	2
	16 " 17° "	8.6	4	4	[31]	-2	-6	-4	1	-7	-2	-1	-5	-1	-2
	18 " 19° "	8.7	6	6	6	6	2	-3	-4	-5	-2	6	-5	-1	-1
56° N.	18 " 19° "	8.9	-3	0	10	5	-1	-9	-6	-9	-2	1	2	0	5
56-59° N.	10-19° W.	8.3	2	8	2	5	-1	-4	-1	-6	0	3	-3	1	-1
57° N.	20 u. 21° W.	8.9			1	7	-2	3	-3	-10	3	7	-4	0	[0]
56° N.	20 " 21° "	8.9	2	6	19	2	-1	0	-10	-9	-2	-1	-3	2	1
	22 " 23° "	8.6		14	3	0	-3	-4	-8	-9	0	9	5	0	0
55° N.	22 " 23° "	8.5	4	14	10	4	0	2	-2	-9	-2	-9	3	7	5
	24 " 25° "	8.6	0	7	11	4	2	-15	-8	-4	4	-4	-1	-1	3
54° N.	24 " 25° "	8.6	0	3	3	2	9	8	-14	-4	-5	-3	6	14	-3
	26 " 27° "	8.3	0	12	14	4	9	-12	-9	-16	-5	-3	-1	3	0
	28 " 29° "	7.8		14	23	8	12	-16	-11	-18	0	13	-1	0	-5

Breite	Länge	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
53° N.	26 u. 27° W.	8.4	0	13	17	-3	3	0	-11	-9	[-6]	4	4	-7	[3]
	28 " 29 "	7.8	-6	16	26	0	1	-7	-17	-11	-2	3	0	6	5
52° N.	28 " 29 "	8.0	-1	10	11	4	8	16	-21	-8	-11	-13	-5	7	[7]
52-57° N.	20-29° W.	8.4	-0	11	13	3	3	-2	-10	-10	-2	2	-0	3	2
53° N.	30 u. 31° W.	7.3		12	30	4	9	-13	-26	-18	10	8	-1	6	-4
52° N.	30 " 31° "	8.0	5	10	17	5	1	[2]	-23	-19	2	-4	0	12	12
	32 " 33° "	7.7	[17]	12	29	8	8	-17	-25	-3	2	-8	-5	3	9
51° N.	30 " 31° "	9.1	-4	11	14	8	5	-9	-31	-6	16	1	8	5	[-8]
	32 " 32° "	8.8	2	12	10	2	7	-12	-8	-5	-8	-10	5	8	12
	34 " 35° "	8.7		-2	19	7	11	-6	-22	-13	-9	4	2	-1	10
50° N.	32 " 33° "	10.0	4	4	11	4	2	-17	-13	-7	6	-2	8	4	4
	34 " 35° "	9.5	0	14	16	6	5	-16	-7	-11	7	-2	3	1	3
	36 " 37° "	9.4		-10	14	2	13	-12	-29	-16	12	12	5	[-10]	12
50-53° N.	30-39° W.	8.7	1	7	18	5	7	-13	-20	-11	4	-0	3	4	8
63° N.	16 u. 17° W.	6.5	-5	1	-2	-8	-2		5	-11	9	-5	7	7	0
	18 " 19° "	6.4	8	-5	-3	-1	2	3	3	-7	1	-3	0	3	7
	20 " 21° "	5.6	15	3	1	0	-2	-6	6	2	-11	-2	-2	4	8
63° N.	16-21° W.	6.2	6	-0	-2	-3	-1	-1	5	-5	-0	-3	2	5	5
62° N.	6 u. 7° W.	6.2	-7	-6	0	2	10		-1	2	-9	-9	-1	0	-1
	8 " 9° "	6.5	-5	3	-8	2	4	3	-5	-7	9	5	4	-7	
61° N.	4 " 5° "	6.7	-6	-3	-0	-1	-5	-1	-6	2	2	1	-2	8	
	6 " 7° "	6.0	-3	8	[25]	18	-3	1	5	8	-6	1	-2	9	-1
	8 " 9° "	7.5		-4	-3	7	-2	1	-1	-9	-2	0	-8	7	
60° N.	2 " 3° "	7.3	3	2	-13	-2	1	8	0	-9	-2	-1	-1	4	2
	4 " 5° "	7.5	-3	-2	-5	2	-1	-2	-3	0	0	-1	-2	3	6
	6 " 7° "	7.6	0	-3	8	2	-3	-1	-2	1	-2	-1	-1	2	-1
	8 " 9° "	7.7	0	-5	3	0	0	-3	1	2	-2	2	-1	-4	-2
60-62° N.	2-9° W.	7.0	-3	-1	-3	3	0	1	-1	-0	-1	-0	-2	2	1

62° N.	10 u. 11° W.	7.2	-9	-4	-4	0	0	-1	5	3	4	1	3	6	4
	12 " 13° "	7.1	-5	4	-10	-6	0	1	3	2	4	-3	2	5	-15
	14 " 15° "	7.1	-5	0	-5	2	2	-1	3	2	3	0	3	3	3
	16 " 17° "	7.0	4	-5	-4	0	-1	-3	1	3	3	-2	0	2	3
61° N.	10 " 11° "	7.6	15	-2	-6	5	2	-2	-4	0	0	3	-2	2	3
	12 " 13° "	7.6	7	-4	-4	(2)	1	-3	-2	1	0	1	1	2	1
	14 " 15° "	7.4	7	9	-4	5	-5	-9	0	4	2	1	2	2	1
	16 " 17° "	7.8	0	-7	1	-1	-3	-7	1	1	1	0	-3	1	2
60° N.	10 " 11° "	7.7	-1	-5	4	0	-2	-7	2	4	-3	2	2	0	1
	12 " 13° "	7.7	-1	-3	2	3	-2	-7	2	2	-3	-5	2	1	-2
	14 " 15° "	7.6	5	-5	2	-8	0	2	3	2	2	-7	2	6	-6
	16 " 17° "	7.6	-3	-2	3	(7)	2	-2	1	0	1	2	-3	0	-8
	18 " 19° "	7.5	-0	-3	-2	0	-1	-2	1	2	1	-1	1	3	-1
60-62° N.	10-19° W.														
60° N.	20 u. 21° W.	7.3	0	9	4	5	0	-7	-1	-2		3	0	7	-8
	22 " 23° "	7.1	5	7	7	-5	4	-2	7	-2		0	-5	6	1
	24 " 25° "	7.2	0	-2	3	5	6	-2	1	1	-1	-1	-2	4	-1
	26 " 27° "	6.8		-4	2	8	3	-3	-3		-5	-3	-2	5	2
60° N.	20-27° W.	7.1	2	2	4	3	3	-4	1	-1	-7	-0	-2	6	-1
56° N.	0-2° W.	5.9	6	3	-5	-3	5	0	-3	-1	-3	2	1	5	0

Tabelle 5 W.

Abweichungen der Oberflächen-Temperaturen (vom 11-jährigen Mittel) für die einzelnen Monate für die vier dänischen 10-Längengrad-Felder im nordöstlichen Atlantischen Ozean. — Die Abweichungen sind in $1/10$ °C. angegeben. Die Normaltemperaturen sind für die 11-Jahrperiode 1900—1910 berechnet.

Monat	Mittel	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913
0—9° W. (58—59° N.)																				
Januar	7.8	-3	2	-13	7	1	1	6	-4	-4	3	-2	0	2	3	1	-4	-3	-4	-4
Februar	7.2	-13	8	0	12	1	2	1	0	8	-5	4	-5	-3	-3	2	-1	1	3	1
März	7.0	-7	5	-3	4	7	0	0	-2	4	2	3	-5	1	-1	-3	4	0	6	2
April	7.3	0	6	-2	4	3	0	1	4	2	1	-5	-2	0	0	4	-1	5	9	4
Mai	8.4	6	14	-3	4	3	-1	10	-5	2	-1	0	-7	-1	-2	-1	2	8	7	3
Juni	10.0	11	6	0	2	9	8	3	-7	-1	3	6	0	-6	-2	0	5	9	0	8
Juli	11.7	5	3	2	-2	8	13	6	-8	-6	3	9	-5	-9	-2	-1	-1	8	3	7
August	12.3	8	0	12	4	10	10	0	-11	-2	6	3	-2	-12	-4	0	7	12	-7	4
September	11.8	8	0	-1	3	5	6	3	-4	-4	4	1	5	-9	-4	-1	1	3	-9	6
Oktober	10.7	-1	-9	0	6	1	-4	3	-1	0	3	-6	9	-4	7	-3	1	-1	-4	3
November	9.6	-2	-6	7	1	4	-1	0	0	1	-1	-4	1	-3	7	-5	-6	-6	-16	5
Dezember	8.6	-4	1	5	3	6	6	-4	-3	-4	-1	-3	1	-2	7	-8	-2	-1	-11	7
Jahr Januar—Dez.	9.38	0.7	2.5	0.3	4.0	4.4	3.3	2.4	-3.4	-0.3	1.4	0.5	-1.3	-3.8	0.5	-1.2	0.4	2.9	-1.9	3.8
„ Sept.—Aug.	9.38	3.8	-1.8	3.8	4.2	4.1	2.8	-2.8	-2.6	-0.4	0.4	1.9	-3.7	-1.0	-2.4	1.6	-0.5	1.0	-1.3	
10—19° W. (56—59° N.)																				
Januar	8.4	-2	4	-7	1	1	6	4	-5	-1	6	-6	-1	-2	4	-2	8	3	2	-3
Februar	8.3	-7	7	0	3	3	1	5	6	2	-2	2	-7	-8	-4	5	-6	0	0	1
März	8.2	-2	3	1	6	11	3	2	3	-2	3	-3	-2	0	-5	-1	-6	0	1	-3
April	8.4	0	6	1	1	-1	7	4	5	-3	-2	-2	-2	-1	-2	2	-6	6	5	3
Mai	9.2	5	9	1	3	0	7	9	3	-1	-2	0	-9	-1	-4	3	-3	4	4	-2
Juni	10.8	5	-1	-1	4	6	17	-1	2	3	-4	2	-9	-12	-5	7	-7	-3	0	-6
Juli	12.2	4	-4	-4	2	2	16	-2	0	0	0	0	-10	-4	-1	1	1	3	-2	0
August	12.5	8	2	9	4	11	14	-7	1	0	5	2	-4	-8	-3	-1	5	12	-11	2
September	12.0	11	-2	-3	-2	4	11	0	6	-4	-3	-5	-1	-2	-7	1	2	-4	-3	3
Oktober	10.5	6	9	1	7	3	1	-4	8	1	-6	-2	1	-8	5	-2	2	-1	4	1
November	9.5	1	-4	7	5	4	0	2	3	2	-6	-1	-10	-6	12	-2	-5	-6	-4	-1
Dezember	8.9	1	8	-3	6	12	5	-3	3	-3	2	-1	-5	-6	1	-1	-1	-2	-2	3
Jahr Januar—Dez.	9.91	2.5	3.1	0.2	3.3	4.7	7.3	0.8	2.9	-0.5	-0.8	-1.2	-4.8	-4.8	-0.8	1.1	-2.2	0.5	-0.5	-0.2
„ Sept.—Aug.	9.91	3.8	0.9	2.2	4.1	7.8	2.6	0.8	0.8	1.5	0.0	-1.5	-4.3	-4.1	-3.5	2.1	-1.9	-1.2	-1.1	

20—29° W. (53—57° N.)

Januar	8.3	2	7	8	2	0	7	5	5	2	-5	-4	1	-3	2	1	-6	12	0	-16
Februar	8.1	6	8	9	6	-3	8	5	9	3	-9	-9	-5	-1	-1	3	-6	1	4	-5
März	8.1	5	8	-2	1	15	13	5	5	-4	-6	-9	-2	2	-1	2	-4	4	0	-16
April	8.6	7	12	3	-3	6	13	-2	4	1	-10	-6	-3	0	0	3	1	6	6	-8
Mai	9.7	-1	13	0	4	13	9	4	17	0	-13	0	-5	-6	-8	6	-6	-3	-13	
Juni	11.1	10	2	5	6	11	7	-1	12	4	-15	-7	-3	-7	-3	9	0	1	1	-13
Juli	12.4	4	-3	-3	13	2	3	-3	14	2	-5	-10	-3	-7	0	6	3	4	-7	-2
August	12.9	1	-1	1	11	11	1	-5	17	-1	0	-7	-5	-3	3	2	1	10	-5	1
September	12.2	5	-2	4	5	7	4	-4	11	-3	-9	-6	-1	-2	-2	8	11	3	2	4
Oktober	10.9	-4	-9	4	13	7	-1	-11	18	0	-8	3	-6	-3	0	-2	6	7	-5	-8
November	9.7	1	5	15	-3	6	-3	1	2	1	-4	0	-3	-6	5	5	6	-6	0	4
Dezember	9.2	-3	6	5	2	12	1	0	6	-2	-4	-1	-8	-9	0	1	6	-11	8	-5
Jahr Januar—Dez.	10.10	2.8	3.8	4.1	4.8	7.3	5.2	-0.5	10.0	0.3	-7.3	-4.7	-3.6	-3.8	-0.4	3.7	1.0	2.3	-1.9	7.1
" Sept.—Aug.	10.10		3.8	1.8	5.7	6.0	7.8	0.8	5.8	3.7	-5.6	-6.4	-2.4	-3.6	-2.3	2.9	-0.4	1.6	6.9	

30—39° W. (50—53° N.)

Januar	7.9	-1	-1	14	2	0	15	-3	6	-6	-13	-11	-1	1	6	5	2	13	-7	12
Februar	8.0	-2	5	5	1	-6	7	5	9	-1	-12	-5	-11	-6	6	5	6	4	0	-1
März	8.2	3	2	0	7	5	26	4	8	-14	-8	-10	-2	-3	-5	12	-5	1	0	-23
April	8.9	-1	11	5	2	4	13	-2	3	-5	-14	-2	4	-1	-3	-2	8	-1	5	-14
Mai	9.9	0	7	0	6	20	11	-2	16	-19	-10	4	2	-3	-10	6	8	-15	8	-2
Juni	11.2	15	-2	13	10	8	-3	7	17	-4	-12	-15	8	0	-4	12	7	7	5	-12
Juli	12.4	6	-3	9	26	4	-5	-5	19	-2	-15	-13	0	7	-2	10	9	5	-9	-2
August	13.4	3	3	2	14	16	-11	1	21	-6	-8	-7	-13	-4	12	11	6	6	-2	-3
September	12.5	-1	10	0	18	6	2	-7	15	0	-15	-10	-6	0	4	14	11	5	-3	7
Oktober	11.0	-1	-9	5	3	12	3	1	13	-3	-14	8	-12	-1	-4	1	3	10	-16	-14
November	9.7	-7	16	1	-11	10	-12	-1	-4	5	-3	-8	-10	-1	5	14	10	-8	1	-12
Dezember	8.7	-1	7	-5	-2	8	-13	14	-5	2	-11	3	-4	1	-11	12	8	-7	-18	-3
Jahr Januar—Dez.	10.15	0.3	3.8	4.1	6.3	7.3	2.8	1.3	9.0	-4.4	-11.3	-5.5	-3.8	-0.8	-0.5	8.3	6.1	1.7	-4.5	-7.5
" Sept.—Aug.	10.15		0.2	6.0	5.8	4.9	7.4	-0.9	8.0	-3.2	-7.3	-8.5	-1.7	-3.4	-0.1	4.4	6.8	-1.6	-8.6	

Mittelwerte für die 4 oben behandelten 10-Längengrad-Felder:

Jahr Januar—Dez.	9.88	|	|	|	4.4	4.8	6.8	1.3	3.0	0.4	-3.1	-3.6	-3.0	-2.1	2.8	1.0				
" Sept.—Aug.	9.88	|	|	|	4.4	4.4	5.9	4.7	1.0	4.6	-1.2	-4.5	-2.7	-3.4	-0.3	3.0	1.3	|	|	|

Tabelle 6 L.

Abweichungen der Lufttemperaturen von dem 11-jährlichen Mittel (1900—1910) für jede Dekade und jedes 2-Längengrad-Feld (s. S. 4 f.) der **nördlichen Route** (Kanal—New-York). M_1 und M_2 geben die Mittelwerte der beiden Gruppen von je 3 Dekaden (I—III, 3. Februar—4. März, und V—VII, 15. März—13. April). Die erste Kolonne für jedes Jahr giebt die Anzahl der Beobachtungen, die zweite Kolonne die Abweichungen in $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$.

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
49° N. 10°-11° W.	I	8.9	12	8	7 -14	7 -16	12 -20	6 11	9 -7	14 14	15 -3	18 -8	20 4	18 16	16 21
	II	9.1	8	10	11 -2	11 -11	5 -1	14 21	13 -17	20 1	25 -7	22 5	14 18	16 2	23 -10
	III	8.9	4	7	10 3	9 8	7 9	18 14	8 4	16 -18	12 6	24 -9	19 -6	22 -16	21 5
	M_1	8.9	24	25	28 -2	27 -5	24 -7	38 17	30 -7	50 -0	52 -2	64 -3	53 5	56 0	60 5
	V	9.2	5	7	0 5 -9	3 -9	6 3	6 5	11 5	20 -0	24 -4	16 10	16 -1	21 10	10 -10
	VI	10.0	4	11	10 0	4 -12	11 1	14 7	20 -6	21 8	24 -15	24 7	18 8	25 2	26 0
	VII	10.0	10	8	7 -7	7 7	12 -6	5 2	8 -3	22 11	19 2	14 -3	18 -5	22 9	16 -7
	M_2	9.2	19	29	9 22 -4	14 -2	29 -1	25 6	39 -3	63 6	67 -7	54 5	52 -0	68 6	46 -4
	I	9.3	10	5	9 -20	9 -5	12 -22	3 14	8 -3	13 15	15 3	21 -6	19 1	16 3	17 20
	II	9.5	10	5	12 -6	7 -1	5 6	13 24	13 -25	28 1	25 -11	19 3	13 14	17 5	28 -10
	III	9.5	6	5	10 -2	12 5	8 8	18 2	9 -3	15 -11	10 8	23 -4	18 -7	21 -5	20 8
	M_1	9.3	26	15	4 31 -7	28 2	25 -6	34 13	30 -11	56 3	50 -2	63 -1	50 3	54 2	65 5
	V	9.6	5	5	7 -8	4 -5	7 1	5 -6	6 4	22 -8	22 -3	18 11	19 -4	25 7	10 12
49° N. 12°-13° W.	VI	10.2	6	11	5 -8	2 -12	7 11	13 4	11 -13	19 4	23 -11	26 1	19 9	19 11	27 3
	VII	10.5	8	12	6 2	9 2	9 6	4 -6	9 -6	22 11	20 -0	14 -6	20 -0	23 4	15 -7
	M_2	10.1	19	28	7 18 -5	15 -1	23 6	22 -0	26 -6	63 1	65 -6	58 2	58 1	67 6	52 2
	I	9.2	13	8	11 -15	8 7	12 -23	6 15	8 -9	11 17	15 -3	20 -13	14 1	11 2	17 21
	II	9.4	9	7	10 -4	12 -2	7 8	9 24	14 -24	20 1	26 -18	22 1	16 15	17 8	27 -9
	III	9.6	6	7	11 5	7 -2	8 7	19 -2	11 -4	16 -6	13 9	22 -3	14 -3	23 -5	24 3
	M_1	9.3	28	22	18 32 -4	27 2	27 -5	34 10	33 -12	47 4	54 -6	64 -3	44 6	51 3	68 4
	V	9.4	4	8	10 -17	4 6	8 4	5 -16	13 7	19 -6	23 3	19 5	13 -1	20 8	12 6
	VI	10.1	6	10	9 4	4 -16	9 4	9 -14	13 -12	22 9	22 -9	22 -5	13 22	17 21	17 8
	VII	10.9	9	12	7 3	8 -8	13 8	5 -1	11 -10	21 7	16 -3	12 -4	17 1	22 15	16 -8
	M_2	10.1	19	30	9 26 -5	16 -4	30 7	19 -11	37 -5	62 4	65 -4	53 -2	52 6	63 13	50 3

49° N. 16°-17° W.	I	9.4	9	10	8	5	6	17	13	-3	8	25	7	17	9	-17	8	12	14	1	14	4	16	7	20	11	16	18	
	II	9.5	5	17	6	15	10	11	9	1	4	9	10	23	12	19	15	3	17	-14	15	5	14	14	12	19	17	-11	
	III	9.7	5	5	4	5	11	3	6	4	9	3	18	-1	8	3	11	13	11	5	22	3	13	3	16	8	23	6	
	M ₁	9.5	19	11	18	9	27	8	28	1	21	9	35	11	29	14	34	1	42	-4	51	2	43	8	48	13	56	0	
	V	9.6	3	0	3	14	7	-11	5	5	8	2	3	22	10	7	18	-8	16	3	20	8	11	4	22	7	12	15	
	VI	10.1	7	5	9	16	5	9	2	26	5	5	5	8	19	11	5	21	5	18	6	23	6	15	11	22	9	16	10
	VII	10.7	8	16	12	10	8	1	9	-8	9	-2	5	3	3	12	-15	12	8	16	4	19	-4	9	5	20	20	16	10
	M ₂	10.2	18	10	24	14	20	1	16	5	22	1	16	-12	33	5	51	0	50	-0	62	3	35	4	64	11	44	4	
	I	9.5	13	12	2	10	3	22	5	7	6	-29	6	21	6	-21	3	24	12	2	11	-0	5	4	11	18	8	17	17
	II	9.7	5	26	5	14	7	-16	13	0	5	-12	4	27	7	27	12	18	12	10	12	9	12	10	7	9	9	8	8
49° N. 18°-19° W.	III	9.9	6	16	2	15	9	-5	3	-4	4	2	11	1	2	10	7	10	6	17	14	10	4	1	8	4	22	-4	
	M ₁	9.6	24	8	9	14	19	-10	21	2	15	15	21	12	15	22	22	11	30	0	37	6	21	8	26	11	39	1	
	V	10.2	6	15	4	11	4	13	8	5	3	0	0	28	6	7	18	11	12	6	15	18	8	6	15	2	8	19	
	VI	10.2	5	3	5	18	1	12	3	15	6	1	7	-10	3	8	12	1	13	6	14	7	13	4	16	17	12	12	
	VII	10.8	7	21	6	15	7	5	3	11	6	7	2	15	9	7	5	13	16	9	8	16	8	17	9	2	11	9	
	M ₂	10.4	18	12	15	15	12	7	14	-4	15	3	9	-6	18	2	35	6	41	7	37	5	29	4	40	6	31	6	
	I	10.1	3	7	8	3	11	-26	6	4	9	-19	6	18	7	21	8	12	20	1	12	12	13	5	22	13	15	20	
	II	10.0	2	-15	1	1	6	12	12	1	6	6	9	25	7	34	21	13	17	9	22	7	10	17	11	3	13	-18	
	III	10.3	3	-8	5	13	5	3	13	5	6	7	13	7	9	29	9	6	16	18	17	12	15	11	20	11	22	14	
	M ₁	10.1	8	11	14	4	22	15	31	-0	21	8	28	16	23	28	38	8	53	3	51	5	38	11	53	11	50	3	
48° N. 20°-21° W.	V	10.4	1	14	1	16	11	14	4	16	5	4	2	29	6	13	17	14	22	5	17	18	15	6	17	2	8	18	
	VI	10.4	3	19	5	20	3	11	2	-19	9	9	11	-1	14	10	20	8	14	2	20	6	23	2	22	14	20	12	
	VII	11.4	4	8	8	22	9	4	5	-4	8	7	6	9	7	9	19	8	20	2	20	1	16	12	24	8	20	6	
	M ₂	10.8	8	11	14	23	23	7	11	1	22	7	19	-7	27	-10	56	0	50	-3	57	3	54	1	63	8	48	7	
	I	10.7	11	-6	8	1	7	9	8	12	5	-13	6	16	12	32	9	2	23	-0	10	17	14	8	22	11	17	22	
	II	10.3	4	4	4	27	9	-15	13	13	2	3	10	16	7	31	22	14	18	9	23	14	17	16	11	3	18	-18	
	III	10.2	6	6	10	15	8	5	12	5	9	5	16	4	11	29	14	1	19	19	21	10	16	6	19	12	27	12	
	M ₁	10.4	21	-3	22	1	24	10	33	6	16	7	32	9	30	-31	25	6	60	3	54	9	47	10	52	9	62	5	
	V	10.1	0	9	9	14	7	6	8	-4	8	11	3	25	8	7	23	21	24	9	23	9	15	7	24	6	11	19	
	VI	10.6	4	6	9	18	6	14	1	-26	8	21	9	-6	11	18	21	2	23	4	27	-3	24	3	23	6	22	17	
48° N. 22°-23° W.	VII	11.5	7	3	11	11	9	5	11	-8	10	8	5	4	11	-12	20	7	24	6	24	9	19	8	22	3	24	-2	
	M ₂	10.8	11	8	29	14	22	4	20	-6	26	7	17	-7	30	-9	64	-7	71	1	74	4	58	2	69	4	57	10	
	I	10.6	11	-1	5	9	6	22	6	12	10	2	8	6	6	49	6	7	14	-5	9	3	8	20	10	15	10	16	
	II	10.4	4	5	3	41	9	11	12	10	3	20	6	15	8	-33	11	11	11	6	17	4	11	11	5	13	25	16	
	III	10.2	9	-3	4	2	9	3	9	1	4	4	10	-12	9	27	12	3	13	16	18	15	6	17	12	13	25	-18	
	M ₁	10.3	24	0	12	-12	24	8	27	8	17	3	24	1	23	-35	29	5	38	2	44	8	25	16	33	8	48	-10	
	48° N. 24°-25° W.	II	10.4	3	4	2	9	9	11	12	10	3	20	6	15	8	-33	11	11	11	6	17	4	11	11	5	13	25	16
		III	10.2	9	-3	4	2	9	3	9	1	4	4	10	-12	9	27	12	3	13	16	18	15	6	17	12	13	25	-18
		M ₁	10.3	24	0	12	-12	24	8	27	8	17	3	24	1	23	-35	29	5	38	2	44	8	25	16	33	8	48	-10

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910													
47° N. 26°-27° W.	V	10.2	6	12	7	-1	10	2	7	17	3	-23	9	-1	20	-27	14	7	20	21	9	-8	18	4	7	9		
	VI	11.0	7	3	17	3	15	0	[5]	9	7	10	-30	6	-18	17	-6	11	-4	21	-5	19	9	19	12	15	15	
	VII	11.3	5	10	12	9	8	16	5	-11	4	-6	5	1	7	-8	7	1	19	-5	18	3	11	6	17	5	19	-2
	M ₂	10.7	18	9	22	13	8	10	15	-4	20	8	18	-18	22	-8	44	-15	44	0	59	7	39	5	53	8	41	8
	I	11.2	2	-37	8	-8	4	9	9	-9	3	30	5	-25	10	-1	19	-7	9	-2	12	10	19	14	11	17		
	II	10.6	1	34	1	-16	7	2	13	13	9	6	8	4	9	-36	17	14	20	-1	19	22	15	16	11	-5	19	-34
	III	10.8	1	-8	7	16	4	7	10	-20	5	1	6	-11	7	-9	12	-2	12	3	21	9	16	9	19	15	17	-1
	M ₁	10.8	4	-10	16	4	19	-11	27	0	23	0	17	3	21	-24	39	5	51	-1	49	12	43	12	49	12	47	-10
	V	10.5	2	-5	5	17	8	-3	3	-1	11	2	6	-19	8	-1	16	-21	18	2	13	21	13	7	19	1	10	14
	VI	11.4	4	8	8	11	3	9	0	[1]	5	3	10	-30	9	-4	18	-7	19	-4	16	7	21	5	20	15	21	6
47° N. 28°-29° W.	VII	11.8	0	6	4	14	9	-7	7	3	4	9	9	-24	16	-5	14	-14	21	5	18	10	22	6	20	1	20	1
	M ₂	11.1	6	4	19	12	15	3	12	-2	23	2	20	-18	26	-9	50	-10	51	-4	50	12	52	9	61	9	51	8
	I	10.9	7	-22	7	-9	8	13	6	-13	6	-13	7	-7	6	-33	8	6	22	-3	12	10	10	16	18	21	15	11
	II	10.7	2	-22	3	-28	6	-20	19	18	6	17	9	-0	8	-23	17	10	15	-13	20	25	17	8	12	7	15	-29
	III	10.8	5	-6	6	10	9	16	10	-8	8	-7	11	-25	6	-5	17	10	13	8	27	4	15	14	15	14	25	-21
	M ₁	10.8	14	-16	16	-5	-5	37	9	20	-1	27	-12	20	-21	42	9	50	-3	59	12	42	12	45	15	55	-14	
	V	11.1	3	26	4	22	5	-3	7	-7	3	23	2	9	10	-10	28	-31	19	-4	22	7	11	14	22	-10	10	11
	VI	11.5	2	-2	5	12	5	15	2	-15	7	8	10	-14	13	-9	21	-15	24	3	22	4	21	6	20	10	17	6
	VII	12.3	9	-5	11	1	8	17	9	-16	9	-3	4	-13	10	-9	10	1	24	-8	22	10	17	13	20	5	20	2
	M ₂	11.5	14	6	20	11	18	13	18	-10	19	8	16	-10	33	-8	59	-21	67	-1	66	8	49	12	62	2	47	7
47° N. 30°-31° W.	I	10.4	11	-14	13	-16	6	-4	4	16	5	-0	7	-28	5	-49	4	6	8	4	6	11	4	24	11	9	11	11
	II	10.6	6	16	3	-27	4	0	9	17	6	6	9	-10	5	-14	11	6	7	-35	9	24	15	23	7	7	12	-25
	III	10.7	8	2	4	5	6	6	6	9	5	-21	12	7	10	-24	8	10	12	10	9	-3	5	26	8	16	14	-18
	M ₁	10.7	25	-2	20	-16	16	0	19	9	16	-5	28	-8	20	-28	23	7	27	-4	24	10	24	23	26	10	37	-13
	V	10.8	7	11	3	15	6	-4	4	-6	4	-9	1	12	5	2	12	-38	14	-2	15	-1	7	20	14	1	6	27
	VI	11.6	3	6	2	14	3	19	1	9	5	22	5	-10	5	-24	11	-9	7	-5	12	-1	10	-1	14	13	8	-13
	VII	12.0	9	-14	8	22	7	21	4	-18	6	-4	3	-0	5	-8	2	12	14	-4	9	-24	5	10	11	5	5	5
	M ₂	11.3	19	1	13	23	16	13	9	-8	15	6	9	-1	15	-8	25	-21	35	-2	36	-6	22	10	39	10	19	6
	I	11.8	0	5	-54	9	-42	6	13	7	4	2	35	9	-44	7	5	16	-6	13	-2	12	16	15	8	12	12	
	II	10.8	0	2	-18	6	-5	8	17	6	19	6	9	-9	7	-48	10	24	16	-7	21	10	30	10	-9	15	-44	
46° N. 30°-31° W.	III	11.6	1	1	4	8	4	2	12	5	5	-28	5	-4	5	1	11	17	9	-7	18	-13	12	21	16	10	5	-4
	M ₁	11.2	1	5	11	-21	19	-15	26	13	18	2	13	0	21	-33	28	18	41	-5	47	4	34	24	41	8	32	-16

46° N. 32°-33° W.	V	10.9	1	31	4	3	4	-1	5	4	5	13	4	-24	7	-17	15	-28	14	-1	15	15	9	12	17	8	9	19
	VII	12.0	1	0	4	0	3	10	5	12	5	12	9	-22	8	-6	18	-7	15	-4	14	-4	21	11	15	18	16	1
	VII	12.0	1	-7	7	6	-8	27	8	-10	8	-7	4	-1	6	-10	11	-1	17	-15	17	-3	14	20	17	-3	15	2
	M ₂	11.8	4	6	14	1	14	16	16	-5	18	5	17	-17	21	-11	44	-13	46	-7	46	2	44	15	49	7	40	7
	I	11.6	4	20	16	-36	4	-19	5	22	9	-2	5	2	7	-42	7	13	21	-7	15	-3	9	25	22	-2	17	12
	II	10.9	3	10	2	-33	5	-7	19	21	6	-6	11	6	3	-27	17	14	11	-7	15	25	20	28	11	0	19	-47
	III	11.5	3	9	11	9	11	1	10	18	6	-25	5	-8	9	18	21	11	16	-7	23	11	13	28	13	16	23	-7
	M ₁	11.4	10	-16	22	26	20	-4	34	18	23	-10	21	0	19	-27	45	12	48	-7	53	1	42	26	46	4	59	-15
	V	10.9	2	31	5	3	7	12	15	-7	4	25	4	-26	10	-11	22	38	23	-12	27	20	14	13	23	4	14	20
	VI	11.5	3	15	4	10	3	32	3	-2	7	19	8	-13	11	-27	17	3	16	0	19	-7	19	-1	16	6	18	-11
	VII	12.4	8	-2	9	17	5	33	7	-20	8	-4	5	-7	11	-7	5	8	25	13	18	-4	16	12	20	3	13	-0
45° N. 34°-35° W.	M ₂	11.4	13	12	18	15	15	24	25	-10	19	14	17	-12	32	-13	44	-18	64	-7	64	6	49	9	59	6	45	3
	I	12.1	6	18	8	39	12	-22	6	15	6	7	3	25	9	-63	6	1	16	-1	13	-7	9	17	17	8	13	21
	II	10.4	0	0	5	-4	14	33	3	-1	8	0	8	0	6	-15	14	15	17	-14	17	29	11	26	16	-27	18	-42
	III	11.9	1	-29	8	-11	2	31	7	22	4	-10	5	-33	5	-28	12	13	9	-1	16	-9	17	17	16	12	9	-24
	M ₁	11.3	7	20	16	-18	19	-8	27	25	13	4	16	-6	20	-37	32	12	42	-5	46	7	37	27	49	0	40	-17
	V	10.8	1	12	4	7	7	12	2	-1	6	18	4	-32	3	-15	14	34	16	-14	16	21	11	11	20	14	13	19
	VI	11.8	2	12	4	3	6	20	4	-16	8	27	7	-13	13	-17	11	9	9	9	13	-2	17	2	16	2	17	-5
	VII	12.8	6	-22	3	-8	6	14	9	4	8	-16	6	-4	8	-15	2	4	14	-7	19	5	10	21	17	4	14	-2
	M ₂	11.9	9	-6	11	2	19	14	15	2	22	9	17	-14	24	-14	27	-14	39	7	48	9	38	9	55	3	41	3
	I	11.7	4	17	36	-54	6	0	5	16	7	5	8	3	7	-64	10	11	17	14	12	8	8	21	18	-4	10	6
	II	10.3	2	-38	4	11	3	-18	15	33	8	7	12	-6	5	9	14	9	7	-33	13	18	12	22	6	-12	21	-9
45° N. 36°-37° W.	III	10.2	5	-10	5	3	14	23	4	10	10	11	4	-46	11	-5	21	33	13	3	18	-34	13	47	14	23	15	-39
	M ₁	11.0	11	-8	45	-40	23	7	24	18	25	4	24	-12	23	-27	45	16	37	-2	43	-15	33	27	38	4	46	-20
	V	10.1	3	-9	8	2	4	27	9	20	7	21	2	-61	8	-16	17	23	21	11	24	23	26	-5	20	12	12	31
	VI	11.3	3	27	3	-17	5	18	3	2	5	10	8	-22	6	-5	15	9	14	16	11	-8	16	1	12	7	11	-9
	VII	12.0	5	-31	11	16	5	0	4	5	10	-12	3	12	7	-26	6	17	25	3	13	-1	15	12	18	-3	9	1
	M ₂	11.0	11	-6	22	9	14	16	16	-11	22	6	13	-17	21	-15	38	12	60	9	48	8	57	1	50	6	32	9
	I	13.2	3	-22	4	-84	5	26	4	16	6	27	6	1	8	63	3	6	9	0	7	10	6	14	10	1	9	14
	II	10.7	0	0	1	-26	2	2	6	37	2	2	3	-4	3	-33	6	20	17	-12	11	26	6	33	12	-22	14	-44
	III	12.3	0	0	7	-9	3	17	5	12	3	-1	5	-36	3	-10	9	22	6	16	13	-18	9	25	12	-1	6	-27
	M ₁	12.0	3	-10	12	31	10	-3	15	23	11	20	14	-10	14	-40	18	19	32	-6	31	4	21	25	34	-8	29	-24
	V	11.3	0	0	4	-18	4	19	1	-3	8	24	5	-40	4	17	11	35	7	-23	10	2	4	6	13	16	8	19
44° N. 36°-37° W.	VI	12.2	2	3	4	-10	4	8	2	-7	3	15	5	-27	6	5	10	8	10	9	10	9	11	13	13	0	15	-9
	VII	12.8	2	1	6	28	8	5	8	12	7	-15	3	14	5	-16	12	7	4	14	13	5	10	11	12	8	8	-17
	M ₂	12.2	4	5	14	4	16	10	11	10	18	5	10	-26	15	1	33	-7	21	-5	33	-1	25	12	38	7	31	-5

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
43° N. 38°-39° W.	I	12.5	4 28	14 -76	9 -5	6 6	4 26	4 -15	9 -61	5 -3	17 12	15 -2	13 16	19 1	8 25
	II	11.1	1 4	3 -43	5 -7	12 35	6 8	9 -22	6 -37	12 36	10 -19	18 22	11 19	12 -21	22 -14
	III	11.3	1 22	6 -18	5 11	2 20	9 -7	5 -50	8 5	16 36	10 1	19 -37	15 35	18 12	16 -25
	M ₁	11.6	6 27	23 -53	19 0	20 24	19 3	18 -30	23 -31	33 28	37 2	52 -7	39 24	49 1	46 -13
	V	10.4	2 -9	7 -1	6 32	6 -29	8 21	4 -42	6 -17	19 -25	18 20	22 16	14 -6	17 10	16 21
	VI	11.9	3 7	5 -5	11 16	6 -1	3 8	6 -37	12 17	17 -6	12 -1	10 13	18 2	13 -6	15 -5
	VII	12.5	1 -45	6 26	4 15	6 -0	7 -2	2 10	12 -12	10 -2	20 1	17 -8	13 5	18 7	13 -14
	M ₂	11.5	6 -7	18 7	21 21	18 -9	18 9	12 -31	26 -1	46 -14	50 8	49 6	45 1	48 6	44 2
	I	11.2	5 -10	7 -52	7 -6	4 0	5 14	6 -33	1 -71	8 12	14 37	14 12	8 26	13 9	7 -1
	II	10.8	5 32	7 -35	2 30	5 16	3 11	11 -46	7 -60	10 35	5 -11	14 32	13 17	7 -16	13 -7
44° N. 40°-41° W.	III	11.0	5 22	8 -37	8 10	3 35	8 -9	4 -40	8 -4	9 28	13 -3	24 -36	10 28	10 1	10 -10
	M ₁	11.0	15 15	22 -41	17 7	12 15	16 2	21 -41	16 -37	27 26	32 14	52 -4	31 23	30 1	30 -7
	V	10.7	2 -2	3 26	5 26	15 -23	8 30	4 -8	6 -52	14 -37	15 22	23 -3	17 20	17 -3	12 29
	VI	11.6	5 12	2 21	3 14	2 -6	7 4	5 -33	7 25	14 2	14 -10	11 10	11 -8	15 -6	8 8
	VII	11.5	5 -35	10 40	3 32	4 10	5 -21	5 -26	5 -20	10 -0	20 13	11 -8	12 -3	14 2	7 21
	M ₂	11.2	12 -8	15 36	11 24	21 -18	20 8	14 -22	18 -12	38 -13	49 10	45 -2	40 6	46 -2	27 21
	I	12.5	3 8	1 -35	2 22	1 8	5 12	5 1	1 -64	2 4	7 5	3 24	1 -9	2 -31	2 28
	II	10.8	0 2	-8	1 -18	5 28	2 7	2 -10	0 [-12]	4 0	10 -3	5 10	5 24	4 -28	6 2
	III	11.9	0 4	-6	1 -9	5 11	0 11	4 -20	2 -6	2 26	3 18	2 -21	1 26	7 9	3 42
	M ₁	11.9	3 15	7 -13	4 5	11 14	7 12	11 -8	3 -23	8 4	20 -1	10 5	7 13	13 -11	11 -10
43° N. 38°-39° W.	V	11.3	0 2	-33	2 22	5 24	1 27	0 [-5]	1 -53	6 -29	5 -15	3 -3	2 -2	5 14	2 16
	VI	11.1	1 -1	0	1 19	2 9	4 27	6 -13	1 -61	3 17	8 -7	6 -4	5 22	6 -4	6 -6
	VII	12.1	0 3	39	3 29	2 -0	2 14	3 9	0 [-66]	9 7	2 -37	3 -8	4 10	7 32	1 13
	M ₂	11.5	1 -5	5 13	6 27	9 15	7 22	9 -7	2 -60	18 -2	15 -16	12 -6	11 14	18 16	9 -2
	I	12.1	3 19	4 -46	8 -16	4 19	5 -0	4 -6	" -43	6 -18	16 40	9 1	10 11	15 -5	9 16
	II	11.7	0 3	-42	2 0	10 30	4 16	5 -40	3 -47	10 27	16 -7	10 27	12 40	10 -33	20 -14
	III	11.0	0 8	5	3 5	6 -18	8 8	3 -56	5 -16	11 43	6 26	15 -27	11 41	15 5	9 -11
	M ₁	11.6	3 24	15 -19	13 -7	20 13	17 6	12 -32	19 -35	27 23	38 20	34 -5	33 32	40 -9	38 -6
	V	11.2	1 -42	6 -41	6 19	5 1	7 8	3 -36	5 3	13 -23	14 2	17 -13	9 25	15 -4	14 18
	VI	11.4	1 31	4 -4	9 11	6 19	2 14	4 -44	7 12	12 -2	10 -7	15 -5	14 13	13 3	12 19
	VII	12.6	0 6	16	6 -1	6 3	7 -20	5 8	10 23	12 -5	17 8	18 -6	10 11	18 4	8 -26
M ₂		11.8	2 -11	16 -11	21 9	17 8	16 -3	12 20	22 15	37 -10	41 2	50 -9	33 14	46 1	34 -7

43° N. 42°-43° W.	I	11.5	3-18	6-22	8-16	5-4	5-10	6-46	5-23	12-14	16	46	17	2	11	7	16	28	7	3
	II	10.8	7-34	6-11	2-17	5-13	5-14	9-62	7-62	9-32	6	6	15	34	13	17	13	0	13	18
	III	11.2	1-8	7-48	7-4	3-7	7-9	2-55	10-11	16-28	10	8	23	-10	9	27	7	-5	13	13
	M ₁	11.2	11-15	19-29	17-3	17-5	17-2	17-57	22-31	37-15	32	27	55	5	33	15	36	11	33	11
	V	10.2	1-52	6-8	6-50	18-	8-5	6-10	6-	12-40	16	25	26	-16	22	-27	13	16	12	12
	VI	10.5	5-28	4-0	6-21	5-31	3-5	4-30	9-35	18-0	15	-28	11	2	19	31	16	-8	7	13
	VII	11.6	5-44	8-23	0-23	3-27	7-13	8-14	8-7	10-11	20	17	15	-21	9	-18	11	11	-9	-9
	M ₂	10.8	11-10	18-14	12-32	26-9	18-3	18-15	23-13	40-15	51	51	52	-15	50	-5	47	7	30	5
	I	10.0	5-20	1-11	4-9	6-13	4-33	5-57	0-43	5-18	6	57	9	27	7	-27	5	46	4	-14
	II	10.1	9-17	3-49	1-52	5-49	2-11	2-55	4-37	6-8	7	-8	5	7	9	41	12	-28	8	-1
43° N. 44°-45° W.	III	10.1	8-22	3-43	4-15	2-29	2-26	6-50	4-51	8-50	5	6	10	6	8	23	3	23	16	-23
	M ₁	9.9	22-12	7-6	9-17	13-18	8-8	13-52	8-43	19-15	18	19	24	15	24	16	20	-1	28	-14
	V	10.9	4-54	1-1	3-53	2-1	4-49	0-42	5-30	8-53	10	31	8	-15	8	-8	9	-3	7	15
	VI	9.7	3-60	1-53	0-60	2-49	4-3	5-38	1-27	9-3	6	-20	9	17	14	7	6	22	8	27
	VII	11.5	5-36	1-65	6-40	3-15	2-7	2-30	2-5	1-20	10	-7	6	-38	7	-25	8	15	3	9
	M ₂	10.6	12-46	3-40	9-51	7-6	10-19	7-40	8-21	18-24	26	7	23	-9	29	-7	23	-11	18	18
	I	12.3	3-14	1-28	6-8	3-23	4-10	9-20	9-59	4-25	16	49	4	23	7	8	10	-12	8	11
	II	12.0	0	3-23	3-18	9-32	4-4	2-61	3-24	10-23	17	-3	10	21	10	35	17	-27	10	-10
	III	11.5	0	7-19	2-3	5-23	5-5	7-39	3-11	9-41	5	43	14	-32	9	39	11	8	7	-33
	M ₁	11.9	3-18	11-1	11-3	17-15	13-4	18-31	15-40	23-21	38	27	28	-6	26	29	38	-12	25	-9
42° N. 44°-45° W.	V	11.4	0	6-43	5-26	5-4	5-18	3-43	5-40	13-9	11	6	10	-22	7	30	14	-1	15	33
	VI	12.2	1-42	2-32	7-0	5-7	8-35	6-33	4-51	7-1	10	-30	11	-13	12	13	12	-0	10	-29
	VII	13.2	0	6-21	5-14	4-20	5-16	3-5	4-19	14-6	12	4	14	-28	10	-6	14	14	6	-23
	M ₂	12.3	1-43	14-14	17-12	14-9	18-16	12-26	13-5	34-6	33	-5	35	-20	29	11	40	5	31	-0
	I	11.3	5-20	7-23	9-9	2-2	3-17	7-21	10-8	9-24	20	43	14	15	15	-6	13	3	9	-8
	II	10.9	2-69	4-22	2-21	6-26	7-11	7-45	9-31	8-14	9	9	13	34	19	30	12	-29	13	-18
	III	11.5	1-5	3-25	5-9	4-18	8-3	1-24	9-15	10-18	8	33	27	-12	14	26	11	-11	5	-3
	M ₁	11.2	8-31	14-10	16-2	12-7	18-2	15-32	28-17	27-4	37	34	54	8	48	18	36	-11	27	-12
	V	10.9	1-29	7-63	6-32	11-2	8-5	5-18	6-7	16-33	13	13	20	-25	20	7	17	5	14	17
	VI	11.5	8-12	4-7	8-20	2-7	3-22	2-50	7-48	15-11	-8	15	11	1	14	14	18	-5	14	-22
	VII	12.7	2-57	6-16	3-33	6-15	7-23	5-1	13-12	11-7	20	8	19	-17	9	2	14	1	12	-25
42° N. 46°-47° W.	M ₂	11.6	11-4	17-18	17-25	19-6	18-2	12-14	26-20	42-18	48	0	50	-16	43	7	49	0	40	-9
	I	9.5	4-14	2-10	6-39	8-18	8-9	4-52	5-59	17-10	14	50	16	18	13	30	6	25	2	24
	II	8.0	10-49	6-13	3-15	7-45	8-34	6-5	10-25	8-46	7	-32	12	50	11	46	12	0	14	6
	III	10.5	3-20	8-60	4-4	6-8	7-6	2-52	12-17	12-31	12	0	20	-6	13	39	6	-5	6	-8
	M ₁	9.4	17-30	16-26	13-20	21-9	23-8	12-29	27-28	37-5	33	16	48	17	27	38	24	1	22	-2

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
42° N. 48°-49° W.	V	9.5	3-11	5-55	6-23	10-28	3-30	3-37	8-3	15-25	12-52	18-18	18-33	9-15	12-37
	VI	9.6	7-41	5-18	3-12	1-36	6-0	7-17	9-33	19-30	16-37	8-31	16-2	14-27	12-19
	VII	11.2	6-24	8-8	4-41	6-1	4-0	5-14	5-25	10-3	15-5	12-45	8-1	16-14	8-31
	M ₂	10.2	16-29	18-23	13-24	17-14	13-6	15-5	22-4	44-23	43-30	38-17	42-2	39-13	32-13
	I	6.0	7-1	2	4-19	10-2	7-0	5-35	4-51	5-15	10-34	12-0	52	8-46	3-30
	II	5.9	9-15	5-46	3-24	6-49	10-7	2-37	8-1	9-52	3-73	4-72	9-18	13-25	17-8
	III	6.2	9-9	3-62	6-10	3-12	5-4	1-22	5-11	6-11	6-8	10-40	20-68	13-13	7-36
	M ₁	5.8	28-10	8-50	13-5	19-19	22-6	8-14	17-14	20-22	19-6	26-2	81-25	34-10	27-10
	V	5.6	7-9	3-60	2-26	3-10	4-25	1-71	6-16	12-39	5-3	9-9	15-44	5-3	10-11
	VI	5.5	5-39	2-45	3-10	0-23	5-5	1-35	5-4	14-20	8-33	8-4	10-30	10-32	11-19
41° N. 44°-45° W.	VII	6.6	4-26	5-15	4-34	3-24	3-34	0[-64]	4-29	5-27	7-13	6-18	10-16	11-30	8-11
	M ₂	6.0	16-24	10-17	9-25	19-12	18-2	2-57	15-14	31-31	20-8	23-1	35-31	26-25	29-7
	I	11.1	1-18	0	3-12	7-20	5-23	4-13	4-55	3-35	7-34	3-18	2-5	3-16	7-5
	II	11.8	0	3-11	3-16	5-11	2-2	1-34	1-68	7-6	11-11	7-32	2-43	13-41	7-21
	III	11.0	0	7-4	2-30	6-21	3-18	6-29	2-12	5-50	4-38	6-50	4-49	7-8	3-20
	M ₁	11.4	1-15	10-2	8-7	18-2	10-15	10-16	7-47	15-12	22-23	16-2	8-35	23-22	17-6
	V	12.3	0	2-28	3-7	2-38	0[37]	2-18	3-30	7-8	3-3	4-18	3-41	8-17	13-30
	VI	11.0	0	1-8	3-2	2-7	2-3	7-17	2-47	4-1	7-53	7-29	8-2	7-16	4-31
	VII	13.5	0	4-18	2-35	2-3	4-48	2-10	5-2	11-11	5-18	8-32	5-3	10-11	3-41
	M ₂	12.6	0	7-4	8-10	6-10	6-34	11-19	10-2	22-1	15-20	19-6	16-9	25-4	23-5
41° N. 46°-47° W.	I	11.0	6-4	4-40	10-2	26-3	3-19	5-1	9-33	13-11	31-21	5-32	14-22	10-8	9-16
	II	10.6	0	5-24	2-25	4-13	1-30	4-14	2-5	12-20	16-0	12-17	11-29	15-24	11-1
	III	10.6	0	6-33	2-21	5-5	3-22	6-24	4-0	14-32	6-33	18-42	20-47	10-2	10-4
	M ₁	10.6	6-7	15-31	14-3	35-6	7-4	14-12	15-18	39-3	53-18	35-11	45-22	35-7	30-3
	V	8.7	0	4-52	4-10	1-57	6-41	2-7	7-1	6-17	7-2	14-15	6-41	16-8	13-19
	VI	11.3	4-2	3-19	9-14	2-47	4-33	6-38	6-12	8-9	12-45	13-20	13-25	14-11	12-39
	VII	11.1	1-31	3-12	5-5	6-21	4-10	5-7	7-8	15-2	21-2	14-21	12-21	11-9	7-17
	M ₂	10.6	5-2	10-27	18-10	9-21	14-19	13-19	20-3	29-0	40-14	41-9	31-27	41-2	32-15
	I	7.0	3-61	5-25	3-4	1-0	4-21	2-57	5-28	13-21	15-34	11-28	9-1	10-20	6-6
	II	7.6	8-56	6-9	1-36	21-23	2-39	5-7	0[-31]	4-7	7-12	19-22	8-23	11-21	9-16
41° N. 48°-49° W.	III	8.3	3-9	5-15	2-22	5-10	6-35	3-46	9-37	13-22	10-34	11-10	19-62	6-11	11-32
	M ₁	7.9	14-44	16-12	6-19	27-18	12-5	10-31	14-34	30-3	32-25	41-12	36-38	27-7	26-8

V	7.2	2	63	3	8	5	-24	8	12	4	20	5	10	4	3	8	-18	10	-27	19	-13	12	35	14	-17	11	22	
VI	8.1	6	4	2	24	0	-33	1	-51	1	-21	1	-1	3	22	6	5	17	-12	8	24	13	72	10	11	12	-16	
VII	8.7	5	7	2	-12	0	-39	2	38	6	-12	7	3	23	7	11	21	-14	9	-17	9	50	19	5	4	-43		
M ₂	8.2	13	15	7	4	5	-34	11	5	11	-2	13	1	15	18	21	-4	48	-16	36	-10	34	51	43	-2	27	9	
I	7.3	5	36	5	-50	3	16	5	-6	5	6	3	-64	4	25	7	-49	11	8	9	24	8	-47	11	48	3	41	
II	6.6	7	38	4	50	1	-16	13	9	0	17	8	-4	3	-39	10	-28	4	18	14	53	10	-37	22	-45	10	7	
III	7.6	5	33	3	39	4	-32	6	-20	4	13	5	-43	2	17	7	35	12	19	9	-3	20	34	9	-33	4	14	
M ₁	7.2	18	35	12	5	8	-11	24	-3	9	11	15	-31	9	1	24	-17	27	16	32	28	38	18	42	-20	17	12	
V	6.8	6	27	4	-3	6	-6	10	-24	3	61	3	-38	3	25	10	-46	7	-19	23	12	18	15	15	-13	15	32	
VI	8.2	3	24	2	18	1	8	2	-52	7	8	5	-48	3	68	11	1	19	6	16	-10	11	26	9	-12	16	8	
VII	8.9	8	15	6	28	1	-49	6	49	6	58	5	-11	6	32	4	-36	15	3	5	13	13	-9	22	-10	7	-39	
M ₂	8.1	17	20	12	16	8	-18	18	-7	16	38	13	-31	12	40	25	-27	41	2	44	-1	42	8	46	-11	38	6	
I	7.7	3	10	2	-3	3	-32	3	-20	5	5	4	2	5	-27	6	-59	12	-0	15	51	6	-40	9	31	1	87	
II	7.3	9	49	7	43	1	-36	21	34	0	20	6	-39	2	-63	12	3	5	12	10	87	9	60	16	-63	13	23	
III	8.5	6	41	3	-29	5	-29	12	13	6	28	5	-52	6	-15	9	39	15	6	9	-24	18	34	15	-25	4	24	
M ₁	7.8	18	40	12	16	9	-28	36	22	11	20	15	-33	13	-25	27	1	32	6	34	42	33	30	40	-27	18	-8	
V	8.6	7	-13	5	8	3	-13	14	-15	6	19	4	-12	2	39	13	-61	10	-38	21	19	26	36	13	13	15	14	
VI	8.7	7	3	0	5	5	3	1	-17	4	43	3	-52	1	33	20	-26	19	-16	15	-1	9	19	9	3	12	12	
VII	9.6	5	6	6	-3	4	6	3	42	7	38	5	-42	6	18	6	-5	16	-24	8	3	12	-6	25	8	8	-33	
M ₂	9.0	19	-5	11	4	12	0	18	-8	17	33	12	-31	9	28	39	-36	45	-24	44	7	47	21	47	10	35	2	
I	7.0	2	50	0	0	5	-17	4	0	5	14	5	17	6	-42	5	-47	12	-8	13	54	10	-20	20	32	0	16	
II	7.7	12	46	-9	23	3	-11	6	3	0	27	4	-39	1	-37	17	-9	4	-11	11	42	9	45	9	-10	14	1	
III	9.1	4	38	4	-37	4	-40	19	13	6	32	4	-19	1	9	11	20	11	-26	10	-24	16	54	8	-38	7	19	
M ₁	8.1	18	44	13	5	12	-25	29	13	11	24	13	-13	8	-42	33	-5	27	-17	34	25	35	31	37	2	21	5	
V	8.5	6	-2	5	-14	2	45	8	-25	3	5	3	15	3	-5	12	-56	9	-15	15	11	16	25	15	-8	15	14	
VI	8.6	7	3	1	-66	7	-1	4	-11	8	25	5	-9	2	12	16	-28	18	-33	13	7	12	11	14	27	9	0	
VII	10.2	2	-37	8	19	2	-17	2	83	6	29	6	-9	6	5	5	-15	12	-52	8	14	13	-18	22	-5	13	-14	
M ₂	8.8	15	-7	14	8	11	5	14	-6	17	25	14	1	11	10	33	-36	39	32	36	12	41	10	51	8	37	4	
I	6.9	1	10	4	30	3	-11	5	9	6	2	9	-16	7	-8	4	-42	10	-6	11	41	7	-6	15	37	0	5	
II	6.7	10	41	6	-2	3	11	5	4	1	47	4	-30	3	-40	17	-2	6	1	15	21	8	15	12	58	16	9	
III	8.6	5	30	3	-2	0	-19	18	14	3	33	3	-5	3	-9	13	38	8	-18	14	-37	11	38	8	-21	7	-15	
M ₁	7.7	16	31	13	3	6	-10	28	14	10	1	16	-23	13	-20	34	6	24	-11	40	3	26	17	35	26	23	-3	
V	8.2	8	-28	3	17	2	38	7	-2	6	6	3	51	2	84	13	-22	10	-1	13	21	16	-2	12	-20	15	15	
VI	7.9	4	22	0	0	6	22	7	-8	5	19	4	-18	2	-9	17	-9	19	-19	10	21	13	-12	15	11	9	2	
VII	10.2	4	-36	9	-12	3	-29	2	78	4	16	7	-23	9	8	7	-4	10	-53	10	9	12	13	-12	19	-7	12	18
M ₂	8.7	16	-18	12	-3	11	10	16	1	15	12	14	-2	13	-1	37	-15	39	-25	39	17	41	-8	46	-2	36	14	

41° N.
50°-51° W.41° N.
52°-53° W.41° N.
54°-55° W.41° N.
56°-57° W.

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
41° N. 58°-59° W.	I	6.3	3 45	4 26	4 13	4 -9	7 6	9 -26	6 -29	3 -13	6 62	12 13	25 -69	15 25	15 25
	II	7.4	5 -1	6 25	4 17	5 -23	0 [11]	7 -28	5 -65	21 -13	10 44	13 -13	9 19	14 38	15 12
	III	8.7	7 -47	2 45	4 -61	5 1	4 26	4 12	6 -24	10 25	10 30	14 -62	15 33	8 12	6 8
	M ₁	7.2	15 37	12 29	12 -8	14 -7	11 13	20 -19	17 -35	34 3	26 47	39 -19	49 -21	37 28	21 17
	V	8.6	8 -1	0	0 [-11]	7 8	5 15	5 48	5 -46	17 0	7 -10	13 -26	12 32	10 -11	16 3
	VI	8.0	1 10	2 -22	8 -1	4 5	7 45	3 -10	6 14	8 12	19 -25	11 -1	9 -27	18 -5	7 -8
	VII	9.2	3 -29	7 4	2 -32	3 51	2 -22	8 -11	5 6	11 -15	15 -45	11 24	9 14	15 -7	15 38
	M ₂	8.7	12 -7	9 0	10 -12	14 15	14 21	16 9	16 -9	36 -2	41 -32	35 -4	30 8	43 -9	38 15
	I	5.5	3 74	3 73	4 4	6 -17	8 -33	5 23	6 -34	2 18	5 75	15 31	11 -53	17 2	1 -15
	II	6.3	5 -29	6 34	1 -13	3 -15	1 -13	4 -36	2 -37	16 8	7 60	12 -16	9 12	16 9	16 42
41° N. 60°-61° W.	III	7.5	6 7	1 -20	4 -20	7 -26	7 36	5 14	5 -2	15 16	11 20	11 -56	11 13	6 13	7 -9
	M ₁	6.7	14 8	10 42	9 -10	16 -22	16 -4	14 1	13 -25	33 14	23 45	38 -12	31 -13	39 2	24 25
	V	8.3	5 32	1 -3	1 37	7 9	6 2	2 -18	7 13	12 -6	8 -17	15 5	9 9	5 -28	19 13
	VI	6.4	1 46	1 16	3 -11	4 18	8 20	3 -11	4 -2	11 -11	16 -4	9 55	11 -31	16 12	3 -35
	VII	9.5	4 -26	5 -23	3 -20	3 52	3 -1	5 3	6 22	7 -46	9 -47	9 -0	8 13	11 1	12 22
	M ₂	8.1	10 15	7 -7	7 -9	14 20	17 -5	10 -3	17 14	30 -20	33 -23	33 17	28 -14	32 -2	34 16
	I	3.7	2 57	3 27	3 28	5 -32	5 -30	1 45	2 -11	5 21	4 -9	12 1	10 -47	10 16	1 18
	II	6.0	3 37	7 19	0 [-0]	2 -14	0 [-8]	0 [19]	3 -23	7 -27	7 48	6 -77	7 13	15 35	14 34
	III	3.9	3 5	1 93	4 17	2 -49	6 52	5 40	1 -39	14 -9	11 11	8 -62	10 34	9 20	12 -14
	M ₁	4.6	8 30	11 33	7 13	9 -36	11 6	6 33	6 -19	26 -11	22 17	26 -40	27 -5	34 27	27 15
	V	7.3	5 8	2 -38	0 [-10]	1 17	5 40	2 -8	3 20	10 -9	7 9	7 -9	6 7	4 -22	11 -35
41° N. 62°-63° W.	VI	6.8	0	0	2 -3	2 -18	8 -4	2 -13	4 24	11 1	11 2	8 60	8 -6	14 -13	4 -31
	VII	7.6	2 -41	5 -30	6 -13	2 19	2 -1	3 -12	6 24	4 -22	1 -34	8 6	6 4	10 12	10 14
	M ₂	7.3	7 -5	7 -30	8 -10	5 3	15 8	7 -12	13 23	25 -8	19 -0	23 19	20 -0	28 7	25 -15
	I	2.6	1 33	2 -51	3 63	7 -18	2 -21	1 -36	1 -66	1 -26	3 -15	12 12	0 [55]	10 10	8 42
	II	4.0	6 27	6 78	2 55	1 -20	2 -35	0 [-30]	2 -25	1 -35	2 44	3 2	2 45	0 [-0]	10 0
	III	4.4	2 11	2 51	0 [47]	1 -74	2 31	1 -14	4 -41	11 -19	5 19	5 -23	2 101	5 4	7 -28
	M ₁	4.0	9 23	10 45	5 51	9 -35	6 -12	2 -30	7 -39	13 -18	10 11	20 -6	4 75	15 -0	25 2
	V	7.3	3 35	0	1 27	1 42	4 2	1 -3	2 27	5 -13	5 -29	0 [32]	2 37	1 -60	5 -62
	VI	7.1	0	0	0 [-8]	3 -29	4 -8	0 [-24]	3 6	4 10	3 26	3 25	7 -12	9 -20	6 -14
	VII	7.5	2 -5	3 -45	3 -25	3 -18	1 -25	2 32	2 10	3 -11	0 [-11]	2 44	4 5	3 -10	6 9
	M ₂	7.1	5 21	3 -41	4 -9	7 -12	9 -4	3 24	7 19	12 -3	8 -7	5 34	13 2	13 -20	17 -18

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
40° N. 58°-59° W.	V	10.5	1 35	4 -33	5 -33	1 25	6 31	6 23	11 -34	4 1	8 -45	17 -8	5 32	11 -28	11 7
	VI	11.8	6 -32	4 -26	1 -28	3 -30	2 -7	3 -42	6 24	12 10	10 9	6 25	10 10	11 -17	13 -37
	VII	12.2	2 28	1 -32	4 35	3 13	7 4	4 -20	7 -15	14 8	10 -27	13 -18	10 13	13 1	5 7
	M ₂	11.4	9 -8	9 -31	10 9	7 -0	15 14	13 13	24 -15	30 12	28 -18	36 -7	25 18	35 -13	29 -13
	I	9.2	3 11	0	5 36	4 -41	3 0	4 -4	6 1	2 -28	13 31	4 -6	12 -41	11 30	9 21
	II	9.0	13 10	6 -6	2 -15	6 -17	4 -14	1 30	4 -16	12 4	4 -21	9 -3	7 14	9 21	11 18
	III	9.6	4 11	2 -2	1 -21	7 -36	5 29	8 3	1 -16	12 5	22 1	9 -14	11 29	7 13	9 7
	M ₁	9.6	21 7	8 -9	8 12	17 -33	12 5	13 2	11 -11	26 -1	29 9	22 -11	30 -5	27 20	29 13
	V	9.5	2 -25	5 -30	3 -8	1 -25	6 -39	3 6	7 -5	4 24	6 -39	15 -15	9 32	11 -23	7 13
	VI	11.6	5 -15	3 -20	0 [-8]	3 -20	3 -16	1 24	6 6	1 7	9 9	8 24	8 5	11 -5	11 -21
40° N. 60°-61° W.	VII	11.8	2 -23	4 9	4 7	2 27	9 38	3 -23	5 -2	15 -2	6 -25	11 -1	9 -7	19 -12	5 0
	M ₂	11.0	9 -17	12 -16	7 -1	6 -1	18 30	7 -6	18 -2	29 7	19 -16	34 -4	26 10	41 -11	23 -5
	I	7.4	2 13	4 85	7 41	5 6	10 -30	3 8	9 -4	3 -14	12 31	7 -23	11 -46	11 -1	7 32
	II	8.8	9 -5	9 27	1 -48	11 -40	1 72	1 -12	6 -28	14 -5	6 -37	11 33	10 -5	10 28	8 17
	III	8.4	3 10	5 5	2 -19	7 -15	4 42	3 7	2 -31	10 -9	10 1	10 -22	12 18	8 13	7 16
	M ₁	8.2	14 2	18 36	10 16	23 -21	15 8	7 7	17 -17	27 -5	28 5	28 0	33 -10	29 13	22 22
	V	9.7	3 -18	3 -83	5 -7	1 -17	3 29	5 43	6 28	6 1	6 -62	14 -11	12 1	14 -32	9 27
	VI	10.5	6 -2	3 -21	3 -52	4 -25	1 -23	1 55	3 46	12 -13	8 17	12 36	8 -7	16 -15	11 -19
	VII	12.0	4 -39	1 -30	1 10	2 40	5 4	5 -22	6 -4	20 -14	10 -34	12 19	7 -19	19 -2	7 23
	M ₂	10.6	13 -15	7 -51	9 -24	7 -3	9 14	11 17	15 21	38 -6	24 -21	38 14	27 -8	49 -13	27 8
40° N. 62°-63° W.	I	6.2	2 -9	3 79	4 29	7 27	9 -24	6 9	8 -17	8 -4	13 32	10 -18	13 -52	13 26	7 -7
	II	7.2	6 6	5 36	1 -8	18 -42	1 28	5 -78	4 -24	16 11	8 -37	14 19	9 40	11 42	14 34
	III	7.3	3 37	5 5	3 -22	7 -42	2 37	6 9	7 31	10 5	11 13	19 -65	16 15	9 26	6 -6
	M ₁	6.7	11 15	13 37	8 7	32 -24	12 -12	17 -15	19 0	34 9	32 9	43 -24	38 -0	33 33	27 17
	V	8.6	4 11	3 -26	4 -16	7 -28	6 52	4 78	9 43	9 -30	5 -59	22 -27	14 -21	19 -16	14 23
	VI	8.9	5 7	6 -51	3 -69	4 -29	2 14	5 49	5 33	12 -5	13 -2	16 19	11 -14	19 -5	17 9
	VII	10.3	3 -46	2 -18	4 10	3 24	7 1	6 -11	6 19	18 -21	17 -41	11 10	6 -17	14 3	11 22
	M ₂	9.2	12 -5	11 -39	11 -20	14 -18	15 25	15 35	20 33	39 -15	35 -26	49 5	31 -19	52 -7	42 17
	I	4.6	3 -12	4 53	4 56	10 -3	9 -16	9 36	12 -14	15 -34	13 50	17 -23	14 -60	14 13	6 -6
	II	5.6	8 4	7 23	1 -26	8 -34	1 3	6 -43	3 -31	16 8	13 40	19 16	16 15	22 38	19 14
40° N. 64°-65° W.	III	5.7	8 27	7 26	2 30	7 30	7 32	8 5	6 -36	10 -7	30 17	12 -79	23 12	16 23	8 -16
	M ₁	5.5	19 11	18 30	7 33	25 -7	17 1	22 -3	21 -27	41 -14	56 29	57 -33	53 -8	52 25	33 2

		8.1	6	4	7	62	4	19	7	7	9	6	5	47	6	0	11	10	8	9	27	12	20	19	33	18	12	
V		7.9	4	18	6	28	6	28	7	10	8	17	5	11	8	9	17	3	17	7	22	8	13	9	23	9	16	25
VI		9.1	2	26	2	14	5	21	6	11	8	3	10	9	7	34	20	5	16	22	20	4	10	0	17	6	16	34
VII		8.3	12	3	15	44	15	13	20	4	25	4	20	7	21	16	48	2	41	12	69	0	43	1	59	5	50	15
M ₂		2.8	4	25	4	3	8	25	9	23	10	10	6	31	11	15	11	23	16	24	19	12	10	33	13	27	9	10
I		3.1	11	11	9	4	1	9	15	37	5	29	4	7	5	22	14	10	11	30	10	21	18	25	39	22	17	
II		3.3	10	18	8	17	5	14	9	7	4	21	7	9	3	30	15	8	31	19	13	53	23	9	18	19	12	6
III		3.2	25	6	21	8	14	18	33	22	19	10	17	15	19	21	40	14	58	22	42	28	51	3	56	29	43	8
M ₁		5.5	9	31	7	8	2	10	8	11	10	4	7	22	10	2	21	0	7	9	25	1	18	1	19	17	24	8
V		7.3	5	3	2	27	5	11	3	22	7	20	2	37	7	4	22	5	19	7	17	22	13	19	26	9	20	2
VI		7.8	6	3	6	24	8	1	7	12	15	9	10	19	8	6	22	2	17	5	20	6	12	8	19	0	12	15
VII		6.8	20	10	15	12	15	2	18	10	32	6	19	22	25	1	65	0	43	3	62	3	43	2	64	8	56	1
M ₂		1.9	5	2	8	15	5	13	8	37	6	26	7	36	13	13	6	24	15	4	25	16	9	26	20	41	12	28
I		1.9	10	8	15	18	2	11	12	48	6	13	8	19	10	21	11	19	13	23	20	20	19	34	14	28	27	9
II		2.6	7	10	6	10	7	33	8	12	6	45	7	10	6	30	16	18	22	12	19	30	20	9	22	19	10	15
III		2.3	22	2	29	5	14	22	28	36	18	0	22	20	29	11	33	19	50	1	64	23	48	12	56	28	49	7
M ₁		4.5	10	10	7	17	4	8	4	16	10	32	6	31	7	12	12	0	12	22	20	1	18	4	15	18	22	2
V		6.1	5	13	4	30	3	8	11	17	7	17	5	31	11	12	22	3	9	12	18	2	14	19	32	6	21	21
VI		6.3	5	19	3	7	5	8	6	7	10	5	8	28	8	7	20	9	16	8	18	26	12	20	19	14	10	13
VII		5.7	20	6	14	21	12	1	11	6	27	5	19	30	26	13	54	4	37	14	56	8	44	5	66	1	53	10
M ₂																												

40° N.

66°-67° W.

40° N.

68°-69° W.

40° N.
66°-67°
W.

40° N.
68°-69°
W.

Tabelle 7 L.

Abweichungen der Lufttemperaturen von dem 11-jährlichen Mittel (1900—1910) für beide Dekadengruppen für die 10-Längengrad-Felder der nördlichen Route (Kanal—New-York). Abweichungen in $1/10$ °C.

W.Lg.	Mittel 1900—10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
I—III Dekade. 3. Februar—4. März.														
10—19°	9.3	9	12	-6	-1	-8	13	-13	4	-6	0	6	6	3
20—29°	10.5	-3	-2	-16	5	-3	4	-28	7	-4	9	12	11	-8
30—39°	11.3	2	-29	-3	18	3	-9	-32	16	-4	1	25	3	-17
40—49°	10.1	22	-24	-5	12	1	-31	-28	8	21	2	27	-3	-3
50—59°	8.9	32	3	-11	-0	12	-16	-19	-6	11	4	6	9	9
60—69°	5.3	10	27	14	-24	-4	9	-17	-6	18	-23	-3	22	14
10—69°	9.2	12	-4	-4	2	0	-5	-23	4	7	-1	12	8	-1
20—59°	10.2	13	-13	-7	9	3	-13	-27	6	7	4	18	5	-5
V—VII Dekade. 15. März—13. April.														
10—19°	10.1	11	11	-5	-3	2	-5	-4	1	-2	2	3	9	2
20—29°	11.0	8	15	5	-4	6	-12	-9	-11	-2	7	6	6	8
30—39°	11.6	1	8	16	-4	8	-17	-9	-14	-2	4	8	6	4
40—49°	10.3	-12	-6	12	6	6	-20	6	-13	-6	-11	16	5	-1
50—59°	10.1	-4	-14	0	3	25	-2	3	-11	-21	-4	13	-7	2
60—69°	8.0	-1	-29	-11	-3	7	14	14	-7	-14	6	-6	-6	7
10—69°	10.2	0	-3	3	-1	9	-7	0	-9	-8	1	7	2	4
20—59°	10.7	-2	1	8	0	11	-13	-2	-12	-8	-1	11	3	3
Mittelwerte für beide Dekadengruppen zusammen.														
10—69°	9.7	6	-3	-0	0	5	-6	-11	-3	-0	-0	9	5	2
20—59°	10.5	6	-6	1	4	7	-13	-14	-3	-0	1	14	4	-1

Tabelle 8 L.

Abweichungen der Lufttemperaturen von dem 11-jährlichen Mittel (1900—1910) für jede Dekade (I—III) und für jedes 10-Längen-gradfeld (s. S. 59) **des südlichen Gebiets** (Portugal bis 40° W.-Lg.). — M gibt die Mittelwerte der ganzen Dekadengruppe (3. Februar—4 März). Die erste Kolonne für jedes Jahr gibt die Anzahl der Beobachtungen, die zweite Kolonne die Abweichungen in $1/10^{\circ}$ C.

Feld	De- kade	Mittel 1900—10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
10—19° W.	I	13.8	12	11	23	18	5	51	11	24	8	16	11	12	3
	II	14.1	17	1	5	10	14	9	10	40	15	40	15	3	3
	III	13.3	25	11	14	24	3	15	17	16	19	17	48	16	2
37u.38°N.	M	13.8	54	5	27	12	7	75	5	86	2	75	15	71	11
10—19° W.	I	12.8	7	2	11	0	36	2	14	3	19	14	12	0	2
	II	13.2	13	4	3	29	14	17	9	21	0	23	3	10	1
	III	12.6	17	8	12	11	23	4	15	2	33	4	23	14	51
39u.40°N.	M	12.8	37	3	16	7	63	6	68	2	66	3	65	11	73
10—19° W.	I	12.2	8	4	10	2	20	4	33	4	3	21	8	14	20
	II	12.4	18	1	4	3	16	9	13	1	19	1	21	8	25
	III	12.0	24	8	34	16	18	4	8	2	21	10	13	13	22
41u.42°N.	M	12.2	48	4	48	10	54	2	54	3	43	6	55	9	61
10—19° W.	I	11.1	2	18	13	6	14	4	19	2	5	2	13	14	8
	II	11.4	27	10	6	22	6	4	6	2	16	7	33	3	14
	III	11.2	36	8	35	9	0	5	11	21	4	6	5	21	10
43u.44°N.	M	11.3	65	9	54	7	45	2	28	1	32	2	35	7	62
20—29° W.	I	14.9	2	0	28	7	1	19	30	17	17	4	5	9	6
	II	14.5	1	10	4	10	2	9	19	11	8	1	19	2	15
	III	14.7	8	8	18	4	6	5	1	18	2	8	2	0	10
37u.38°N.	M	14.8	11	4	50	6	9	9	50	13	27	2	26	6	34
20—29° W.	I	14.1	1	2	25	17	10	23	9	22	18	1	14	6	11
	II	14.2	4	11	2	15	9	10	15	3	11	7	23	1	12
	III	14.3	8	1	12	10	10	3	5	29	4	5	1	13	7
39u.40°N.	M	14.4	13	1	39	17	29	12	29	11	33	7	25	2	31
20—29° W.	I	13.8	6	5	14	14	10	11	8	10	16	10	0	6	0
	II	13.1	20	23	16	12	14	11	0	14	6	7	25	10	9
	III	13.8	3	2	9	2	13	9	12	6	3	5	1	35	23
41u.42°N.	M	13.3	29	15	39	8	47	8	20	13	25	10	26	10	32

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910													
20-29° W.	I	12.2	15	28	36	19	16	4	28	-4	0	[18]	1	-44	26	11	10	6	13	3	5	3	12	6	8	15		
43u.44°N	II	12.5	52	11	25	12	1	15	5	0	11	14	8	-25	26	12	26	-11	8	22	3	31	9	20	-24	24	-26	
	III	12.6	3	18	17	-5	13	7	16	10	-20	2	10	-20	25	2	10	4	42	-5	30	-2	23	3	19	2		
30-39° W.	M	12.3	70	-14	57	-9	30	7	17	19	-21	77	10	46	-2	63	2	66	6	55	-4	5	1	5	-7	51	-7	
	I	15.5	7	17	28	31	14	13	1	4	-2	0	[-8]	3	8	14	4	11	4	11	-1	1	-4	19	0	12	11	
37u.38°N	II	15.7	10	14	12	-1	7	16	2	4	14	-15	17	-4	11	-0	12	-3	25	11	72	9	41	-9	15	1	15	1
	III	15.8	0	18	11	8	-22	8	0	0	[-5]	13	-3	17	1	12	0	2	26	9	-6	15	0	11	2	3	7	3
30-39° W.	M	15.6	17	6	45	-16	51	-12	28	5	6	-3	27	-8	37	1	37	2	25	2	45	5	88	8	71	-5	30	6
	I	14.7	16	13	36	-7	3	-14	7	1	1	0	0	[-0]	3	1	8	7	14	8	1	-21	19	7	17	17	17	17
39u.40°N	II	14.8	14	17	18	-11	11	-6	5	13	4	2	8	-19	21	3	36	-9	20	-9	25	16	45	21	20	-7	18	-4
	III	15.0	0	15	-7	4	-12	3	10	14	-22	7	11	11	-13	9	-3	9	29	9	-16	21	5	11	8	12	3	3
30-39° W.	M	14.9	30	15	46	-20	51	-9	10	6	25	-12	16	-4	32	-3	48	-8	37	3	48	7	67	15	50	1	47	4
	I	14.2	41	-4	25	-33	33	-0	1	21	21	-4	0	0	2	-24	10	6	5	3	0	[11]	10	0	7	1	15	-17
41-42°N	II	13.6	12	23	17	-23	4	-4	4	19	0	[-3]	0	[6]	31	9	7	-15	10	17	9	28	9	9	17	-48	17	-48
	III	13.9	18	8	5	6	0	2	-8	16	-13	6	26	0	[-21]	22	9	8	24	0	[14]	12	16	5	-6	9	-40	9
30-39° W.	M	13.9	71	5	47	-25	43	2	7	11	37	-6	6	3	2	-21	63	8	20	5	10	14	31	15	21	3	41	-35
	I	12.2	19	-3	12	-20	51	-5	1	21	20	5	12	-1	8	-49	4	5	9	17	0	[-2]	19	3	1	19	0	[-12]
43-44°N	II	12.0	2	14	3	8	24	2	2	24	0	[7]	0	[-12]	5	-33	2	-15	0	[0]	0	[12]	1	-12	1	-5	1	-5
	III	12.3	34	17	3	4	2	3	0	[20]	0	4	7	-38	0	-36	6	39	6	23	0	[-3]	14	18	3	-8	0	[-13]
	M	12.2	55	10	18	-12	77	-3	3	21	20	4	19	-14	13	-35	12	21	17	15	0	[-2]	33	10	5	-3	1	-12

Tabelle 9 WL.

Abweichungen der Differenz: Oberflächentemperatur minus Lufttemperatur, für beide Dekadengruppen (M₁: I-III Dekade 3. Februar-4. März, und M₂: V-VII Dekade 15. März-13. April) für die 2-Längengradfelder der nördlichen Route Kanal-New-York). Abweichungen in 1/10° C.

Br. u. Lg.	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
49° N. 10°-11° W.	M ₁	1.2	-6	-10	5	1	1	-13	3	2	4	1	-3	4	-5
	M ₂	0.4	-3	-3	3	-2	-2	-2	-3	-2	7	-1	1	-2	3
49° N. 12°-13° W.	M ₁	1.3	-2	-1	6	-2	2	-13	5	-0	1	3	-0	4	-5
	M ₂	0.5	-11	-6	4	-3	-7	3	1	-1	4	1	-2	-1	-1
49° N. 14°-15° W.	M ₁	1.4	-4	-16	1	-4	4	-9	4	1	6	6	-5	-0	-3
	M ₂	0.7	-1	-8	2	1	-7	8	-1	-2	4	7	-4	-6	-1
49° N. 16°-17° W.	M ₁	1.4	-5	-9	8	-1	7	-10	4	0	2	2	-4	-7	-2
	M ₂	0.8	-6	-10	0	2	-4	7	-2	-1	3	2	-1	-5	-2
49° N. 18°-19° W.	M ₁	1.4	2	-12	9	-0	11	-13	12	-5	-3	2	-3	-6	-2
	M ₂	0.6	-8	-9	1	4	-1	4	-4	2	-1	2	-0	-3	-4
48° N. 20°-21° W.	M ₁	1.4	-9	-7	15	-2	5	-17	18	-6	-3	1	-5	-8	1
	M ₂	0.6	-5	-16	0	2	-8	3	-1	0	4	2	2	-1	-4
48° N. 22°-23° W.	M ₁	1.1	2	-7	8	-5	6	-10	20	-8	-4	-2	-5	-4	6
	M ₂	0.7	-2	-9	-6	7	-5	-0	-1	0	2	3	3	3	-6

Feld	De. kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
48° N. 24°-25° W.	M ₁ M ₂	1.2 0.7	-2 -2	4 -10	5 -9	-7 2	-2 -5	-4 9	19 -1	-7 7	-1 0	-1 3	-10 -1	-2 -2	8 -3
47° N. 26°-27° W.	M ₁ M ₂	1.2 0.8	13 2	-8 -11	10 3	-2 -2	2 -1	-7 9	11 -2	-7 4	-0 1	-1 -1	-6 -6	-8 -4	8 -2
47° N. 28°-29° W.	M ₁ M ₂	1.1 0.6	12 2	1 -10	1 -5	-6 7	-0 -8	4 -2	9 -3	-7 13	2 4	-0 1	-6 -5	-7 2	11 -2
47° N. 30°-31° W.	M ₁ M ₂	1.3 0.7	0 9	9 -17	3 -7	-5 9	7 -3	3 -10	12 -0	-6 8	-2 2	-8 9	-15 -4	-4 -2	10 -2
46° N. 30°-31° W.	M ₁ M ₂	1.4 0.8	-1 0	16 -1	14 -12	-10 6	-1 1	-11 4	15 -5	-16 7	4 10	4 -0	-11 -8	-5 -0	17 -1
46° N. 32°-33° W.	M ₁ M ₂	1.3 1.1	6 -5	19 -15	6 -13	-16 9	9 -8	-7 -2	10 1	-10 9	5 6	3 1	-13 0	1 1	12 -3
45° N. 34°-35° W.	M ₁ M ₂	1.8 1.3	-9 10	18 1	7 -7	-20 2	-1 -8	-1 2	17 2	-12 6	5 8	1 -1	-18 -2	5 1	18 -2
45° N. 36°-37° W.	M ₁ M ₂	1.9 1.9	2 12	28 -10	-4 -12	-14 9	-4 -2	4 4	12 6	-15 3	-3 -5	14 1	-14 5	5 -3	20 -6
44° N. 36°-37° W.	M ₁ M ₂	2.0 1.4	7 -5	18 -0	1 -9	-18 -6	-14 -6	1 15	27 -6	-20 -3	4 12	-2 5	-11 -5	10 -2	21 5

41° N. 38°-39° W.	M ₁ M ₂	2.3 2.1	-24 15	36 -7	-2 -14	-15 3	0 -8	12 15	12 -7	16 8	0 -3	7 -1	-15 4	6 0	12 4
44° N. 40°-41° W.	M ₁ M ₂	2.6 2.3	-6 15	23 28	-5 -22	-12 17	3 -4	25 8	17 1	-19 6	-5 -6	10 10	-25 -7	1 3	10 -8
43° N. 38°-39° W.	M ₁ M ₂	2.4 2.7	-17 3	10 -13	-13 -25	-2 -12	-6 -18	-0 -6	7 [48]	-7 -6	6 18	-1 4	-12 -3	16 -7	13 7
43° N. 40°-41° W.	M ₁ M ₂	2.8 2.1	12 6	7 14	7 -7	-3 -8	-3 -1	22 11	25 11	-25 12	-9 4	7 17	-18 -3	-3 -11	1 -2
43° N. 42°-43° W.	M ₁ M ₂	2.8 3.0	-5 14	21 -24	-3 -20	3 8	5 5	37 -7	26 -6	-23 12	-12 -5	-0 26	-17 -3	-11 -7	-5 -3
43° N. 44°-45° W.	M ₁ M ₂	3.5 3.1	-11 23	-3 -41	-19 -41	-16 -10	3 -8	2 13	34 19	-10 15	-3 7	-9 17	-5 12	6 12	17 -12
42° N. 42°-43° W.	M ₁ M ₂	3.4 2.7	-14 [33]	-8 10	1 -4	-14 -13	-9 -19	14 14	29 -17	-18 4	-15 12	4 22	-12 5	13 1	5 -5
42° N. 44°-45° W.	M ₁ M ₂	3.8 3.4	-24 9	0 11	1 -22	-3 -12	-4 -3	21 4	-7 -19	2 14	-18 4	1 24	10 2	8 -0	11 8
42° N. 46°-47° W.	M ₁ M ₂	4.2 3.0	-17 29	6 9	14 -14	-16 -25	7 -6	25 -3	-1 13	-1 20	-14 -6	2 21	-28 1	3 3	7 -5
42° N. 48°-49° W.	M ₁ M ₂	1.0 0.7	-11 14	21 27	3 -10	-14 -27	1 -3	13 40	-26 -9	32 11	-4 22	12 -5	0 -20	-24 4	7 -1

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
41° N. 44°-45° W.	M ₁ M ₂	3.6 2.6	-3	-1 -8	11 -13	0 2	-16 -32	6 12	44 -19	-17 -0	-16 24	8 13	-23 3	13 9	-11 1
41° N. 46°-47° W.	M ₁ M ₂	2.8 2.5	-14 7	2 14	23 13	-1 -8	-11 -14	1 -4	30 -15	-14 19	-33 6	7 4	-7 -17	3 14	2 1
41° N. 48°-49° W.	M ₁ M ₂	1.6 1.0	-14 16	7 -9	-2 32	-12 -17	3 -10	27 -20	2 -9	-3 18	4 10	-14 0	-11 -0	-11 7	18 -10
41° N. 50°-51° W.	M ₁ M ₂	1.3 1.1	-20 1	5 -3	-24 -6	-13 -0	35 -3	6 -17	-10 -4	11 10	10 29	1 -5	-25 -17	-20 -8	31 22
41° N. 52°-53° W.	M ₁ M ₂	3.0 2.0	-13 18	-53 -14	29 -5	-5 18	-5 -17	5 -37	-10 -42	-13 15	-5 16	2 12	-45 1	22 16	24 24
41° N. 54°-55° W.	M ₁ M ₂	3.3 2.5	-13 25	-13 -26	20 -2	-9 23	-24 -27	-2 -23	34 -30	-5 10	18 16	-28 5	-12 14	1 12	7 2
41° N. 56°-57° W.	M ₁ M ₂	4.4 3.8	-10 16	-11 -38	18 0	-7 -2	-13 -42	10 -40	5 -25	-0 31	10 41	10 27	-14 15	-22 5	3 -8
41° N. 58°-59° W.	M ₁ M ₂	5.4 4.1	-19 1	-53 -19	6 0	4 -12	-16 -11	-1 -11	16 -22	4 7	-23 33	23 17	16 1	-20 12	-10 -13
41° N. 60°-61° W.	M ₁ M ₂	4.8 4.2	-31 -5	-43 -35	5 -15	28 -13	-6 -12	8 7	20 -5	-24 -1	-33 33	18 17	13 -7	-13 1	-14 -6

41° N. $62^{\circ}-63^{\circ}$ W.	M ₁ 5.2	-58	26	-2	26	-29	-20	55	-16	-36	28	8	-14	0
	M ₂ 2.9	-1	29	1	26	7	27	3	13	4	16	-31	15	20
41° N. $64^{\circ}-65^{\circ}$ W.	M ₁ 4.4	44	48	28	55	1	27	32	7	-9	-10	36	0	23
	M ₂ 0.8	26	19	9	1	10	19	7	20	-2	13	9	15	40
40° N. $48^{\circ}-49^{\circ}$ W.	M ₁ 3.0	0	30	5	9	0	5	20	2	-0	13	4	22	13
	M ₂ 2.3		1	10	4	22	7	6	11	18	4	11	19	0
40° N. $50^{\circ}-51^{\circ}$ W.	M ₁ 4.0	58	12	27	5	6	19	1	13	18	17	2	12	10
	M ₂ 2.7	25	10	4	13	9	22	3	0	20	17	31	15	5
40° N. $52^{\circ}-53^{\circ}$ W.	M ₁ 3.9	0	27	17	0	16	7	16	3	23	6	1	0	1
	M ₂ 3.0	31	1	4	7	25	3	9	7	8	6	10	12	18
40° N. $54^{\circ}-55^{\circ}$ W.	M ₁ 4.7	42	7	22	10	-7	2	20	29	8	14	10	16	16
	M ₂ 3.5	-12	-26	4	5	35	12	0	1	19	19	26	18	17
40° N. $56^{\circ}-57^{\circ}$ W.	M ₁ 4.2	16	-5	1	28	-25	22	-6	14	14	2	6	-15	5
	M ₂ 3.9	13	27	0	16	-26	15	13	2	28	18	7	27	6
40° N. $58^{\circ}-59^{\circ}$ W.	M ₁ 5.1	13	16	3	30	22	20	11	2	21	12	14	11	10
	M ₂ 3.5	13	32	22	4	14	6	22	12	8	6	-16	4	2
40° N. $60^{\circ}-61^{\circ}$ W.	M ₁ 5.6	8	38	12	21	0	1	3	4	2	9	8	35	1
	M ₂ 4.1	2	28	20	1	20	4	26	6	23	6	18	16	2
40° N. $62^{\circ}-63^{\circ}$ W.	M ₁ 6.0	-17	29	0	-1	1	6	33	20	2	28	10	-40	18
	M ₂ 4.4	16	12	24	-4	16	2	-27	4	8	1	9	19	9

Feld	De- kade	Mittel 1900-10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
40° N. 64°-65° W.	M ₁ M ₂	5.4 2.4	-33 35	-56 23	-35 20	6 -9	-10 6	4 -9	16 -12	8 -16	-1 4	58 3	20 -4	-40 8	-27 10
40° N. 66°-67° W.	M ₁ M ₂	3.5 0.4	-31 -8	-34 16	-2 20	5 15	-6 -10	-12 -3	8 -21	14 -4	9 11	18 -3	-8 -0	-20 -2	-6 -1
40° N. 68°-69° W.	M ₁ M ₂	2.5 0.3	7 3	2 14	-9 8	20 -3	5 -6	-19 -3	5 -1	-2 -10	11 8	20 5	-15 5	-16 2	-0 -4

Tabelle 10 WL.

Abweichungen der Differenz: Oberflächentemperatur minus Lufttemperatur für die 10-Längengradfelder der nördlichen Route
(Kanal—New-York). Abweichungen in $1/10$ °C.

W.Lg.	Mittel 1900—10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
I—III Dekade. 3. Februar—4. März.														
10—19°	1.3	-3	-10	6	-1	5	-12	6	-0	2	3	-3	-1	-4
20—29	1.2	3	-3	8	-5	2	-7	15	-7	-1	-1	-6	-6	7
30—39	1.7	-3	21	4	-14	-1	0	15	-14	2	3	-14	3	16
40—49	2.8	-10	8	5	-8	-1	21	11	-8	-12	3	-14	-2	6
50—59	3.9	-20	-19	11	1	-9	-0	1	3	-0	1	-5	-7	3
60—69	4.7	-26	-32	-8	15	-6	-5	20	-5	-7	26	5	-25	-9
10—69	2.6	-10	-6	4	-2	-2	-0	11	-5	-3	6	-6	-6	3
20—59	2.4	-7	2	7	-6	-2	4	11	-6	-3	2	-10	-3	8
V—VII Dekade. 15. März—13. April.														
10—19	0.6	-6	-7	2	1	-4	4	-2	-1	3	2	-1	-3	-1
20—29	0.7	-1	-11	-3	3	-5	4	-2	5	2	2	-2	0	-4
30—39	1.3	5	-7	-11	4	-3	4	-2	5	4	2	-2	-1	-1
40—49	2.3	16	3	-6	-9	-6	5	-8	13	5	13	-5	2	-3
50—59	3.0	13	-6	1	1	-21	-19	-17	9	22	12	-8	11	7
60—69	2.6	6	4	11	-6	-10	3	-13	-8	12	6	-9	9	5
10—69	1.8	6	1	-1	-1	-8	0	-7	4	8	6	-4	3	1
20—59	1.8	8	-5	-5	-0	-9	-2	-7	8	8	7	-4	3	0
Mittelwerte für beide Dekadengruppen zusammen.														
10—69	2.2	-2	-3	2	-1	-5	0	2	-1	3	6	-5	-2	2
20—59	2.1	1	-2	1	-3	-5	1	2	1	3	5	-7	0	4

Tabelle 11 WL.

Abweichungen der Differenz: Oberflächentemperatur minus Lufttemperatur für die 10-Längengrad-Felder des südlichen Gebiets
(Portugal bis zu 40° W-Lg.). 3. Februar—4. März. Abweichungen in 1/10 °C.

W-Lg.	N.Br.	Mittel 1900—10	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
10—19°	43—44°	0.8	-1	6	2	-1	-8	-4	2	6	4	10	-3	0	-8
	41—42	0.6	-5	-11	4	2	-7	-3	5	7	-2	3	1	-4	-5
	39—40	0.6	-10	-12	0	-0	-5	-3	5	3	3	-1	-1	2	-2
	37—38	0.5	-9	-11	4	-1	-3	-9	3	2	3	-3	-1	4	0
20—29	37—44		-6	-7	3	0	-6	-5	4	5	2	2	-1	1	-4
	43—44	0.7	-8	11	6	-6	2	-16	12	-8	-1	2	-4	2	12
	41—42	0.4	-5	3	8	-11	-8	-9	8	-6	8	2	-3	7	-2
	39—40	0.2	3	9	10	-6	-5	0	0	2	-1	-5	-1	1	5
30—39	37—38	0.4	-3	2	10	-7	-1	2	-1	-2	-8	10	2	1	-7
	37—44		-3	6	9	-8	-3	-6	5	-4	-1	4	-2	3	2
	43—44	1.7	-9	11	7	-20	-7	-1	21	-19	-13	11	1	8	13
	41—42	1.0	-3	16	1	-11	-1	-10	12	-7	-3	-8	-6	3	30
10—39	39—40	0.6	-10	13	10	-2	8	-2	-4	6	-1	-3	-11	-2	1
	37—38	0.5	-5	2	6	-5	2	3	1	-3	-0	-1	-4	5	-2
	37—44		-7	11	6	-10	1	-3	8	-6	-4	-0	-5	4	11
	37—44		-5	3	6	-6	-3	-4	5	-2	-1	2	-3	2	3
20—39	37—44		-5	8	7	-9	-1	-4	6	-5	-2	2	-3	3	6

Tabelle 12 D.

Isobaren-Richtung und Druckgradient für die 10-Längengradfelder **der nördlichen Route** (Kanal—New-York). Die mittleren Richtungen woher die Isobaren kommen (siehe S. 96) und die mittlere relative Stärke der Druckgradienten (siehe S. 96) in der zweiten Kolonne sind für die Jahre 1898 bis 1908 berechnet. Die *erste Kolonne* für jedes Jahr gibt die Abweichungen der Isobaren von diesen mittleren Richtungen (siehe S. 96 f.). In der *zweiten Kolonne* für jedes Jahr sind die Relativzahlen der Druckgradienten (die Zahlen ohne Zeichen), und die Resultantwerte der Richtungsabweichungen und der Druckgradienten (die Zahlen mit Zeichen) angegeben. Für die nähere Erklärung siehe S. 96 f.

Januar.

W.-Lg.	Mittl. Isobaren- richtung	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
10-19	S 65° W 142	+17° 160 +47	+8° 187 +26	-41° 152 -99	0° 125 0	+10° 117 +20	+7° 167 +20	-23° 172 -67	+13° 93 +21	-10° 213 -37	+13° 117 +26	+3° 136 +7	-3° 133 -7	-30° 254 -127
20-29	S 66° W 162	+17° 200 +58	-4° 174 -12	-21° 164 -59	-6° 146 -15	+4° 101 +7	-3° 182 -10	-6° 227 -24	+5° 103 +9	-3° 200 -10	+22° 162 +61	-6° 164 -17	-2° 121 -4	-18° 230 -71
30-39	S 73° W 151	+21° 182 +65	-19° 205 -67	+1° 148 +3	-5° 133 -12	+16° 114 +31	-15° 174 -45	-3° 200 -10	+4° 134 +9	-5° 125 -11	+26° 125 +55	+1° 168 +3	+14° 67 +16	-9° 125 -20
40-49	S 79° W 122	+11° 110 +21	-24° 212 -86	+19° 148 +48	+9° 84 +13	+22° 95 +35	-8° 169 -24	-1° 133 +2	+9° 114 +18	-34° 70 -39	-6° 56 -6	+11° 143 +27	+59° 77 +66	+8° 91 +13
50-59	N 89° W 80	-15° 100 -26	-9° 118 -18	+27° 114 +52	+31° 63 +32	+1° 57 +1	-4° 146 -10	+6° 100 +10	+13° 87 +20	-17° 46 -13	-17° 67 -20	+11° 120 +23	+6° 42 +4	+25° 95 +40
60-69	N 71° W 53	-6° 80 -8	-7° 77 -9	+39° 91 +57	-3° 29 -1	-46° 55 -40	+4° 77 +5	-36° 40 -24	-31° 42 -22	+19° 35 +11	+7° 34 +4	+19° 71 +23	-71° 46 -43	+44° 90 +63
10-69		+26°	-28°	+0°	+3°	+9°	-11°	-20°	+9°	-16°	+20°	+11°	+5°	-17°
20-59		+30°	-46°	+11°	+5°	+19°	-22°	-7°	+14°	-18°	+23°	+9°	+21°	-9°

Februar.

W.Lg.	Mittl. Isobaren- richtung	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
10-19°	S 79° W 106°	-18° 138	+49° 172	-63° 69	+99° 50	+79° 54	+28° 227	-13° 220	+4° 149	-38° 169	-11° 128	-24° 154	+38° 70	-12° 286
		-43	+130	-61	+50	+53	+107	-49	+10	-104	-23	-63	+43	-59
20-29	S 66° W 122	-18 105	+6 162	-60 77	+82 155	+11 60	+12 240	-29 200	+11 182	-32 159	-6 125	+16 162	+24 107	-24 270
		-32	+17	-67	+153	+21	+50	-97	+35	-84	-13	+45	+43	-110
30-39	S 59° W 112	+65 59	-46 190	-43 51	+57 167	-6 83	-6 206	-21 150	+14 143	-16 117	-3 151	+31 139	+1 100	-28 217
		+53	-136	-35	+140	-9	-21	-54	+35	-32	-8	+78	+2	-102
40-49	S 73° W 107	+83 50	-37 193	-37 60	+18 138	-22 78	-14 176	-10 167	+21 122	+39 80	+15 156	+43 79	-9 90	+2 163
		+50	-116	-36	+56	-29	-42	-29	+44	+50	+40	+54	-14	+6
50-59	N 88° W 81	+152 77	-18 166	-13 67	-15 150	+2 91	-20 173	-9 86	+12 114	+87 56	+22 100	+25 54	+2 100	+19 100
		+36	-51	-15	-39	+3	-59	-13	+24	+56	+37	+23	+3	+33
60-69	N 41° W 66	-91 55	+19 83	+52 85	-7 170	-21 71	+17 107	-21 60	+4 88	-101 55	+19 61	+34 50	+45 85	+38 55
		-53	+27	+67	-21	-25	+31	-21	+6	-54	+20	+28	+60	+34
10-69		+2	-22	-24	+56	+1	+11	-44	+26	-28	+9	+28	+23	-33
20-59		+27	-72	-38	+78	-6	-18	-48	+35	-3	+14	+50	+9	-43

März.

10-19°	N 88° W 93	-84° 83	+72° 55	-105° 80	-6° 57	+4° 148	+8° 286	-13° 80	+17° 174	-10° 50	+20° 154	-12° 174	-35° 114	+29° 65
		-83	+52	-77	-6	+10	+40	-18	+51	-9	+53	-36	-65	+31
20-29	S 74° W 130	+40 40	+54 95	0 0	+9 90	-8 174	-21 250	-4 150	-9 244	+44 56	+10 210	-8 210	-9 63	+2 105
		+26	+77	0	+14	-24	-90	-10	-38	+39	+37	-29	-10	+4
30-39	S 72° W 108	+57 45	+17 60	+112 78	0 7	-8 125	-31 214	-6 150	-18 222	+62 83	+10 190	-2 182	-2 109	-6 110
		+38	+18	+72	0	-17	-110	-16	-68	+73	+33	-6	-4	-12
40-49	S 82° W 86	0 0	-53 70	+112 33	-16 105	+22 63	-19 105	-1 130	-8 167	-5 83	+16 158	+17 146	+16 91	+14 61
		0	-56	+31	-29	+24	-34	-2	-23	-7	+44	+43	+25	+15
50-59	W 65	-90 50	-20 77	+30 67	-10 97	+20 67	+20 59	+6 87	-6 72	0 77	+13 105	+5 111	+3 80	+33 54
		-50	-26	+34	-17	+23	+2	+9	-7	0	+24	+10	+4	+29
60-69	N 83° W 44	-108 42	+37 81	+7 50	+22 71	0 0	+67 25	-5 40	-28 42	-18 63	-3 95	-12 80	-13 82	+11 45
		-40	+48	+6	+27	0	+23	-3	-20	-19	-5	-17	-18	+9
10-69		-18	+19	+11	-2	+3	-28	-7	-18	+13	+31	-6	-11	+13
20-59		+4	+3	+34	-8	+2	-58	-5	-34	+26	+35	+5	+4	+9

Mittel für Januar und Februar.

10-19°	S 73° W 123	+1° 135	+29° 176	-44° 106	+27° 69	+32° 80	+20° 197	-17° 196	+8° 118	-20° 179	+1° 116	-11° 136	+14° 100	-20° 270
		+2	+85	-74	+31	+42	+67	-57	+16	-61	+2	-26	+24	-92
20-29	S 66 W 142	+5 146	+1 168	-35 114	+40 108	+7 80	+6 209	-17 212	+9 142	-155 169	+9 139	+5 160	+11 112	-21 230
		+13	+3	-61	+69	+10		-62	+22	-45	+22	+14	+21	-90
30-39	S 67 W 131	+28 109	-31 197	-12 97	+22 119	+7 98	-9 186	-11 175	+10 138	-10 121	+11 137	+16 141	+9 84	-18 171
		+51	-103	-20	+45	+12	-29	-33	+24	-21	+26	+39	+13	-53
40-49	S 76 W 114	+30 65	-30 202	+2 96	+15 110	+2 82	-14 172	-6 150	+15 118	+6 58	+11 104	+21 105	+22 72	+5 127
		+33	-101	+3	+28	+3	-41	-16	+31	+6	+20	+38	+27	+11
50-59	N 89 W 80	+20 16	-15 142	+12 85	-3 99	+2 74	-13 158	-1 92	+12 100	+41 32	+6 79	+15 87	+3 71	+22 97
		+6	-35	+18	-4	+2	-34	-1	+22	+21	+9	+23	+4	+36
60-69	N 54 W 58	-30 38	+8 80	+48 87	-16 97	-32 63	+11 91	-25 49	-11 65	-78 15	+12 47	+30 60	+4 50	+47 69
		-19	+11	+65	-26	-32	+17	-21	-12	-15	+10	+30	+3	+50
10-69		+14	-23	-12	+24	+17	+0	-32	+17	-19	+15	+20	+15	-23
20-59		+26	-59	-16	+35	+7	-21	-28	+25	-10	+19	+29	+5	-8

Mittel für Februar und März.

10-69°		-8		-1		-7		+27		+2		-9		-25		+4		-8		+20		+11		+6		-10
20-59		+15		-34		-2		+35		-2		-38		-26		+0		+12		+21		+27		+6		-17

Mittel für Januar, Februar und März.

10-69°		+3		-10		-4		+19		+4		-9		-24		+6		-10		+20		+11		+6		-12
20-59		+20		-38		+2		+25		+5		-33		-20		+5		+2		+24		+21		+11		-14

Tabelle 13 D.

Isobaren-Richtung und Druckgradient für die 10-Längengradfelder des südlichen Gebiets (Portugal bis zu 40° W.-Lg.).

Die Zahlen haben dieselbe Bedeutung wie für Tabelle 12 D erklärt.

Januar.

W Lg.	N.-Br.	Mittl. Isobarenricht. u. Druck- gradient	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
10-19°	43-44°	S 68° W 82	+24° 80	+5° 171	-38° 87	+2°	65	+25° 80	-23° 151	+43° 53	0° 133	-22° 0	-22° 0	0	28° 160
	41-42	S 66 W 52	0	+3 148	-44 57	-1	44	+55 69	-59	+36	0	0	0	0	-75
	39-40	S 66 W 30	0	+8	-40	-1	-1	+56	-25 132	+36 45	+6	-174 60	0	-172° 25	-31 80
	37-38	S 82 W 7	-150 27	+12	-50	-6	42	+67 65	-56	+26	0	-166 69	0	-3	-40
			+12	+12	-38	-4	-4	+60	-34 95	+36 4	0	0	0	0	0
			-13	+35	0	+10	30	+102 55	-53	+23	0	-17	0	-4	0
					0	+5	+54	0	-23 83	+57 35	0	-143 64	-118 42	-164 46	0
									-32	+29	0	-38	-37	-13	0
Mittel:			+5	+18	-32	+1	+51	+4	-50	+29	+2	-15	-9	-5	28
20-29°	43-44°	S 63° W 121	+20° 142	-10° 200	-17° 71	-5° 110	+3° 59	-5° 150	-7° 158	+14° 44	+5° 143	+30° 120	-15° 133	+10° 80	-11° 130
	41-42	S 64 W 95	+49	-35	-21	-10	+3	-12	-19	+11	+12	+60	-31	+14	-25
	39-40	S 59 W 74	+23 132	-14 182	60	-3	77	+24 36	158 -6	+19 36	+12 120	+47 87	-18 70	+30 50	+9 80
	37-38	S 58 W 51	+52	-44	-15	-4	-4	+15	-16	+12	+25	+64	-22	+25	+13
			+54	-50	0	-10	63	+36 27	-19 177	+10 30	+9 110	+82 81	-52 36	+59 42	+2 40
			+18	-34	0	-20	51	+68 22	-12	+5	+17	+80	-28	+36	+1
			+48	-59	0	-17	+20	-26 114	100 -2	+6 27	+16 80	+89 75	-86 42	+83 34	0
								-50	-3	+3	+21	+75	-42	+34	0
Mittel:			+51	-47	-9	-10	+14	-36	-12	+8	+19	+70	-31	+27	-3

30--39°	43--44°	S 72° W	133	+22°	154	-21°	230	0°	85	-6°	143	+15°	109	-13°	182	0°	156	+30°	75	-1°	124	+37°	103	+1°	156	+20	58	0°	97
				+58	+58	-82	-82	0	0	0	-15	-15	+28	-41	-41	0	0	+4	+4	-2	-2	+62	+62	+2	+2	+20	0	0	
41--42		S 71 W	115	+20	139	-24	230	+3	61	-4	105	+15	100	-19	174	-1	156	-3	58	+13	102	+56	+4	+2	140	+39	45	+1	77
				+47	+47	-93	-93	+3	3	-7	-7	-7	+26	-57	-57	-3	-3	-3	-3	+23	+23	+70	+70	-5	-5	+28	+1	77	
39--40		S 70 W	92	+18	122	-25	214	+9	50	-7	69	+18	60	-18	174	-2	129	-12	45	+18	87	+80	+7	+1	82	+48	42	+20	63
				+38	+38	-90	-90	+8	8	-8	-8	-8	+18	-18	-18	-4	-4	-4	-9	+27	+27	+76	+76	+1	+1	+31	+22	63	
37--38		S 68 W	64	+14	100	-30	137	+68	14	-4	54	+21	32	-17	150	+1	100	+25	45	+13	77	+100	+73	+1	59	+58	37	+46	48
				+24	+24	-69	-69	+13	+13	-4	-4	-4	+11	-44	-44	+2	+2	+19	+19	+17	+17	+72	+72	+1	+1	+31	+34	+34	
Mittel:				+42	-83	+6	-8	-49	-1	+3	+16	+70	+28	+14															

Februar.

W.-L.	N.-Br.	Mittel. Isobarenricht n. Druck- gradient	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
10-19°	43-44°	N 87° W 82	+35° 148 +85 -13	-9° 114 -88 +4	0 0 0	+26° 80 +35 +10	+45° 162 +115 +60	+3° 200 +10 +8	-37° 66 -40 -60	-31° 154 -78 89	-22° 49 -18 -63	-65° 70 -64 -126	-142° 31 -19 -130	+1° 214 +4 +168
41-42		N 80 W 56	+33 143 +78 -49	+10 +10 +13	0 0 0	+10 95 +16 +23	+60 111 +96 +65	+190 90 +26 +167	-60 45 -39 -71	-37 89 -54 80	-43 40 -40 -86	-126 90 -73 -133	-130 27 -21 -120	+18 168 +18 +127
39-40		N 80 W 53	+28 129 +61 -73	+13 129 +29 +31	0 0 0	+23 125 +49 +36	+65 87 +71 +86	+4 167 +12 +14	-71 45 -42 -76	-49 80 -60 52	-86 50 -50 -78	-133 105 -77 -116	-120 20 -17 -96	+1 127 +2 +17
37-38		N 66 W 38	+42 125 +84 -65	+31 114 +59	0 0 0	+36 133 +78	+86 68 +68	+15 105 +25	-76 52 -50	-56 70 -58	-78 52 -51	-116 100 -90	-96 17 -17	+6 84 +9
Mittel:			+77	+20	0	+45	+88	+18	-43	-62	-39	-76	-18	+8
20-29°	43-44°	S 63° W 108	-11° 220 +45 +83	-47 60 -44 -34	+66° 125 +114 +52	-3° 88 -5 100	+10° 197 +34 +12	-26° 200 -87 -24	+21° 140 +50 88	-38° 125 -76 -41	-23° 80 -31 67	+23° 90 +36 +18	+18 77 +24 50	-27° 222 -100 200
41-42		S 65 W 87	-15 200 -52 +63	-34 50 -28 -15	+52 116 +92 +27	-5 100 -9 115	+12 174 +36 +10	-24 222 -90 -22	+35 88 +51 70	-41 70 -46 -45	-28 67 -31 35	+18 50 +15 0	+18 50 +15 0	-23 200 -78 167
39-40		S 65 W 71	-20 170 -58 +63	-15 70 -18 -25	+27 117 +53 +5	-12 115 -24 125	+10 136 +18 0	-22 167 -62 -34	+65 70 +63 +83	-45 30 -21 0	-37 35 -21 0	+30 77 +39	0 0 0 0	-27 167 -76 120
37-38		S 55 W 49	-33 148 -81 +61	-25 110 -46	+5 125 +11	-23 133 -52	0 118 +12	-34 133 -74	+83 62 +61	0 0 0	0 0 0	+30 77 +39	0 0 0 0	-37 120 -72
Mittel:			-58	-34	+68	-22	+24	-78	+56	-36	-21	+19	+10	-81
30-39°	43-44°	S 59° W 110	-38° 230 +51 +88	-48° 49 -36 -50	+44° 148 +107 +28	-70° 87 -11 100	-6° 190 -20 -1	-22° 162 -60 207	+19° 130 +42 108	-1° 90 -2 +22	-7° 125 -15 100	+39° 140 +88 +134	-3° 104 -5 +3	-29° 238 -115 200
41-42		S 64 W 108	-31 260 +49 +44	-50 60 -46 -50	+28 144 +68 +12	-10 95 -16 111	-1 171 -3 162	-19 207 -67 190	+28 108 +51 +36	+22 56 +21 +42	-2 100 -3 -5	+45 134 +95 +133	+3 93 +5 -1	-21 200 -72 187
39-40		S 64 W 100	-29 207 -101 +44	-50 68 -52 -45	+68 164 +31 +4	-18 111 -34 180	-4 162 -11 -5	-16 190 -52 167	+36 60 +60 +43	+42 50 +33 +72	-5 75 -7 -20	+50 133 +102 +115	-1 76 0 60	-16 187 -52 116
37-38		S 67 W 87	-31 178 -92 +41	-45 95 -67	+4 158 +11	-17 180 -52	-5 136 -12	-14 167 -40	+43 73 +50	+72 40 +38	-20 30 -1	+59 115 +99	0 0 0	-3 116 -6
Mittel:			-117	-50	+54	-28	-11	-55	+51	+23	-6	+96	-0	-61

Mittel von Januar und Februar.

10-19° 43-44°	S 81° W 80	+22°	+41°	+20°	158°	-23°	100°	+15°	33°	+27°	78°	+24°	148°	-9°	175°	-40°	37°	18°	127°	-34°	25°	-77°	35°	-154°	16°	-13°	187°
		+15°	+54°				-39°	+0°		+35°			+60°	-27°			-26°		-39°	-14°		-34°		-7°	-42°		
41-42°	S 84° W 52	-141°	30°	+19°	145°	-16°	98°	+17°	22°	+38°	72°	+30°	111°	-7°	111°	-11°	19°	-17°	67°	-124°	41°	-142°	45°	-150°	26°	-11°	124°
		-19°	+47°				-27°	+0°		+44°			+55°	-14°			-4°		-20°	-34°		-28°		-13°	-24°		
39-40°	S 88° W 40	-132°	43°	+22°	121°	-7°	87°	+16°	21°	+35°	76°	+45°	77°	-10°	131°	-22°	14°	-61°	40°	-125°	55°	-145°	53°	-145°	30°	-11°	64°
		-32°	+45°				-13°	+0°		+44°			+54°	-23°			-5°		-35°	-45°		-30°		-17°	-12°		
37-38°	N 70° W 22	-105°	46°	+45°	96°	+27°	57°	+38°	15°	+55°	68°	+82°	34°	+8°	94°	-53°	10°	-60°	35°	-100°	56°	-111°	69°	-127°	36°	+2°	42°
		-41°	+68°				+26°	+9°		+56°			+34°	+13°			-8°		-30°	-55°		-64°		-24°	+1°		
	Mittel:	-20°	+54°				-13°	+2°		+48°			+51°	-12°			-10°		-31°	-37°		-39°		-15°	-19°		
20-29° 43-44°	S 63° W 114	+30°	93°	-11°	210°	-23°	63°	+33°	96°	-1°	73°	+3°	172°	-18°	177°	+19°	92°	-14°	125°	+9°	90°	+1°	105°	+14°	78°	-18°	177°
		+47°	+38°				-25°	+52°			-1°		+9°	-55°			+30°		-30°	+14°		+2°		+19°	-55°		
41-42°	S 65° W 91	+50°	89°	-15°	191°	-24°	54°	+30°	87°	+2°	66°	+2°	165°	-17°	188°	+19°	61°	-8°	85°	+15°	61°	-18°	35°	+19°	50°	-15°	135°
		+68°	-48°				-22°	+44°			+3°		+7°	-55°			+20°		-11°	+16°		-11°		+17°	-34°		
39-40°	S 62° W 72	+47°	80°	-22°	149°	-18°	35°	+13°	87°	-6°	67°	-6°	154°	-15°	152°	+48°	51°	+1°	64°	+56°	34°	-52°	18°	+62°	21°	-24°	101°
		+58°	-56°				-11°	+20°			-7°		-17°	-39°			+38°		+1°	+28°		-14°		+19°	-41°		
37-38°	S 57° W 50	+44°	76°	-34°	126°	-24°	55°	-2°	86°	-13°	68°	-13°	112°	-11°	113°	+72°	36°	+13°	40°	+87°	38°	-176°	33°	+81°	17°	-36°	60°
		+53°	-69°				-22°	-2°		-15°			-24°	-21°			+34°		+9°	+38°		-3°		+17°	-35°		
	Mittel:	+57°	-52°				-20°	+29°		-5°			-6°	-42°			+31°		-7°	+24°		-6°		+18°	-41°		
30-39° 43-44°	S 66° W 121	+29°	94°	-30°	230°	-20°	64°	+19°	124°	+4°	98°	-10°	182°	-12°	159°	+14°	100°	-3°	106°	+13°	110°	+18°	134°	+6°	80°	-19°	167°
		+47°	-114°				-21°	+41°			+8°		-32°	-32°			+25°		-5°	+26°		+42°		+9°	-53°		
41-42°	S 68° W 111	+34°	80°	-28°	245°	-24°	56°	+15°	118°	+2°	97°	-10°	168°	-11°	181°	+18°	79°	+16°	78°	+24°	84°	+22°	124°	+15°	67°	-14°	138°
		+45°	-113°				-22°	+30°			+4°		-29°	-33°			+25°		+22°	+35°		+47°		+18°	-32°		
39-40°	S 67° W 96	+34°	68°	-27°	210°	-25°	53°	+70°	114°	-5°	83°	-11°	165°	-8°	159°	+21°	59°	+26°	66°	+38°	59°	+32°	96°	+17°	55°	-6°	122°
		+38°	-95°				-22°	+14°			-7°		-32°	-22°			+21°		+29°	+36°		+51°		+16°	-13°		
37-38°	S 68° W 75	+35°	56°	-30°	158°	-36°	46°	+3°	106°	-11°	103°	-11°	143°	-8°	130°	+18°	49°	+34°	51°	+76°	37°	+41°	77°	+22°	43°	+11°	76°
		+32°	-79°				-27°	+5°			-20°		-27°	-18°			+15°		+29°	+36°		+50°		+10°	+14°		
	Mittel:	-41°	-100°				-23°	+23°		-4°			-30°	-26°			+22°		+19°	+33°		+48°		+15°	-21°		

Tabelle 14 D.

Isobaren-Richtung und Druckgradient für die 10-Längengradfelder des **dänischen Beobachtungsgebiets** (zwischen 50° und 60° N-Br., s. S. 7 ff. u. Tafel XV). Die Zahlen haben dieselbe Bedeutung wie für Tabelle 12 D erklärt.

Januar.

W.-L.g.	Mittl. Isobarenricht. u. Gradient	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
0-9°	S 69° W 200	+1° 283 +5	+17° 105 +31	-1° 143 -3	+15° 160 +41	-33° 250 -136	+20° 195 +67	+14° 222 +54	+3° 250 +13	0° 228 0	-14° 230 -56	-3° 220 -12	-3° 259 -14	-13° 188 -42
10-19	S 61° W 219	+9 353 +55	+34 154 +86	-18 211 -65	+11 191 +37	-9 182 -29	+12 171 +36	-3 234 -12	-11 253 -48	-8 256 -36	-9 240 -38	+2 227 +7	-9 231 -36	-14 208 -51
20-29	S 67° W 218	+15 285 +73	+14 133 +32	-12 253 -53	+5 170 +15	+3 181 +9	+3 134 +7	-3 250 -13	-6 207 -22	-17 247 -72	+9 235 +57	+3 200 +10	-8 235 -33	-28 244 -114
30-39	S 73° W 169	+11 182 +35	-20 118 -40	-1 247 -4	-1 150 -3	+10 148 +26	-7 121 -15	-4 242 -17	+7 155 +19	-15 182 -47	+13 175 +39	+1 171 +3	+11 193 +37	-20 205 -70
Mittel:		+42	+27	-31	+23	-32	+24	+3	-9	-39	-4	+2	-11	-69

Februar.

0 9°	S 88° W 124	-18° 254 -78	+72° 115 +111	-164° 70 -19	-74° 136 -131	+73 67 +64	+21° 272 +98	+68° 107 +99	-1° 240 -4	-24° 154 -63	0° 200 0	-19° 230 -75	+35° 111 +64	+43° 200 +136
10-19	S 73° W 124	-17 267 -78	+76 171 +166	-145 108 -62	0 0 0	+96 82 +82	+17 267 +78	+26 34 +15	-5 250 -22	-20 166 -57	-3 214 -11	-23 263 -101	+25 25 +53	-6 230 -24
20-29	S 74° W 126	-18 278 -86	+74 120 +115	-119 118 -103	+90 143 +143	+179 53 +1	+20 251 +86	-25 120 -51	+9 206 +32	-17 245 -71	-5 210 -18	-11 230 -44	+35 134 +77	-30 227 -114
30-39	S 71° W 101	-16 200 -55	-83 72 -71	-139 36 -24	+101 178 +174	-168 75 -16	+5 221 +19	-23 167 -65	+13 157 +35	-21 225 -81	+6 182 +19	+23 141 +55	+32 143 +76	-35 140 -80
Mittel:		-74	+80	-52	+47	+33	+70	-0	+10	-68	-2	-41	+68	-20

März.

0-9°	S 72° W 94	-48°	82°	-38°	83°	-110°	75°	-11°	25°	-6°	115°	+12°	235°	+30°	136°	+47°	146°	-43°	153°	-1°	210°	+65°	97°	+179°	138°	+8°	154°
		-61°		-51°	-51°	-71°	-71°	-5°	-5°	-12°	-12°	+49°	+49°	+68°	+68°	+103°	+103°	-102°	-102°	+6°	251°	-7°	111°	-168°	151°	+16°	171°
10-19	S 71° W 130	-28°	144°	+19°	102°	-105°	51°	+8°	43°	-8°	181°	-5°	248°	+23°	160°	+37°	170°	-25°	129°	+6°	251°	-7°	111°	-168°	151°	+16°	171°
		-68°		+31°	+31°	-49°	-49°	+6°	+6°	-25°	-25°	-22°	-22°	+63°	+63°	+100°	+100°	-55°	-55°	+26°	+26°	-14°	-14°	-31°	+48°		
20-29	S 77° W 145	+14°	138°	+41°	98°	-53°	27°	+22°	67°	-3°	174°	-20°	250°	+12°	157°	-10°	222°	+4°	127°	+1°	256°	-10°	154°	-151°	96°	+5°	142°
		+33°		+64°	+64°	-22°	-22°	+25°	+25°	-9°	-9°	-86°	-86°	+33°	+33°	-39°	-39°	+9°	+9°	+45°	+45°	-27°	-27°	-46°	+12°		
30-39	S 75° W 114	+21°	77°	+39°	61°	+75°	112°	-15°	39°	-31°	140°	32°	238°	-3°	143°	-25°	186°	+42°	107°	+11°	214°	+2°	150°	+160°	84°	-10°	118°
		+28°		+38°	+38°	+109°	+109°	-10°	-10°	-78°	-78°	-126°	-126°	-8°	-8°	-79°	-79°	+72°	+72°	+41°	+41°	+5°	+5°	+29°	-20°		
Mittel:		-17°		+21°	+21°	-8°	-8°	+4°	+4°	-31°	-31°	-46°	-46°	+39°	+39°	+21°	+21°	-19°	-19°	+27°	+27°	+13°	+13°	-11°	+15°		

Mittel für Januar und Februar.

0-9°	S 76° W 161	-10°	254	+42°	104	+8°	37	-26°	88	-12°	131	+16°	231	+32°	158	-1°	245	-10°	178	-9°	215	-14°	222	+10°	184	+14°	184
		-44		+70		-41	5		-39		-27		+64		+84		-4		-31		-34		-53		+32	+44	
10-19	S 66° W 170	-2	293	+54	161	-41	74	+16	97	+21	98	+12	219	+4	133	-9	251	-13	210	-7	227	-13	232	+4	175	-11	219
		-10		+130		-49			+27		+35		+45		+9		-39		-47		-27		-52		+12	-42	
20-29	S 71° W 168	-1	280	+43	113	-36	116	+39	113	+3	64	+14	192	-9	183	+3	206	-17	246	+3	222	-4	214	+9	176	-28	235
		-5		+77		-68			+71		+3		+47		-29		+11		-72		+12		-15		+27	-111	
30-39	S 73° W 135	-2	190	-43	83	-8	108	+57	102	+5	37	+2	170	-12	203	+11	156	-17	203	+19	178	+13	155	+8	156	-25	171
		-7		-56		-15			+85		+3		+6		-42		+30		-59		+31		+35		+22	-72	
Mittel:		-16		+55		-32		+36		+4		+41		+6		0		-52		-4		-21		+23		-45	

Tabelle 15 D.

Isobaren-Richtung und Druckgradient für Liepes Stationen (Eingradfelder) I—VII. Die hier angegebenen Isobaren-Richtungen (in der ersten Kolonne für jedes Jahr) sind nicht als Abweichungen von der mittleren Richtung (wie in den früheren Tabellen 12 D—14 D), sondern von der Richtung W berechnet; + bedeutet daß die Richtung (woher) südlich von der Richtung W—O war, und — nördlich davon. Die zweite Kolonne für jedes Jahr gibt die Relativzahlen der Druckgradienten.

Januar.

Station	Mittl. Isobaren- richt. u. Druckgrad.	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
I		+ 40° 95'	+ 23° 167'	- 18° 154'	+ 28° 80'	+ 22° 83'	+ 46° 200'	+ 17° 148'	+ 50° 30'	0° 154'	- 28° 90'	+ 20° 32'	- 8° 50'	- 4° 200
II		- 135 30	+ 28 143	- 22 80	+ 23 57	+ 53 28	+ 42 138	- 8 111	+ 45 40	- 15 70	- 155 71	0 0	- 153 42	0 0
III		- 155 40	+ 45 65	- 125 45	0 0	+ 162 75	0 0	- 110 67	+ 160 30	0 0	- 129 67	- 123 35		
IV		- 157 51	0 0	- 145 67	0 0	+ 158 53	- 62 20	- 143 74	+ 180 30	- 163 30	- 120 40	- 45 33		
V		- 159 74	- 168 41	- 162 78	- 173 46	+ 177 42	- 139 48	- 165 67	- 175 45	+ 180 65	+ 178 80	- 155 34		
VI		- 161 69	- 152 59	- 163 75	- 150 42	- 175 56	- 148 55	- 170 63	- 177 50	- 177 90	- 174 59	- 168 50		
VII		- 163 50	- 159 67	- 173 57	- 156 57	- 157 40	- 151 63	- 170 38	- 177 50	- 170 40	+ 180 30	+ 176 50		

Februar.

I		- 29° 154'	+ 62° 182'	+ 50° 172'	- 108° 105'	+ 45° 56'	+ 45° 166'	+ 2° 205'	- 40° 70'	- 37° 154'	- 33° 76'	- 40° 136'	- 133° 32'	+ 3° 250
II		- 105 78	+ 53 125	+ 10 182	- 115 30	+ 22 110	+ 50 80	- 2 174	- 85 100	- 47 130	- 65 45	- 118 87	- 140 32	- 18 160
III		- 120 72	+ 22 110	+ 12 111	- 115 25	+ 20 133	+ 71 34	- 15 71	- 120 59	- 70 43	- 102 47	- 128 80		
IV		- 176 68	- 7 50	+ 11 55	- 20 48	+ 1 70	- 167 70	- 125 48	- 178 67	- 145 69	- 107 57	- 130 67		
V		- 164 72	- 137 91	0 0	- 135 50	- 90 33	- 157 68	- 173 59	- 177 69	- 157 83	- 133 61	- 168 74		
VI		- 156 68	- 139 78	- 157 47	- 148 73	- 135 60	- 156 69	- 175 70	- 175 70	- 163 74	- 163 57	- 170 67		
VII		- 156 61	- 153 71	- 158 80	- 152 71	- 148 50	- 153 55	- 165 50	- 169 50	- 161 43	- 180 52	- 165 48		

März.

I	- 9°	63	- 75° 69	0° 0	- 110° 53	0° 0	0° 0	6° 115	+ 10° 230	0° 0	+ 12° 190	0° 0	- 22° 57	20° 115	- 22° 127	0° 0
II	- 56	38	- 127 125	+ 153 95	- 110 57	- 23 77	- 55 50	- 5 87	- 112 64	- 60 58	+ 3 150	0 0	- 122 59	- 40 103	- 23 142	0 0
III	- 84	37	- 95 65	- 25 31	- 106 27	- 38 55	- 125 38	- 112 64	- 112 64	- 70 53	+ 7 56	0 0	- 131 77	- 84 62		0 0
IV	- 123	34	- 110 45	- 40 35	- 143 20	- 50 35	- 146 46	- 142 77	- 142 77	- 80 38	- 163 34	0 0	- 134 69	- 143 67		0 0
V	- 143	50	- 135 49	- 122 60	0 0	- 142 65	- 144 54	- 150 94	- 150 94	- 115 21	- 147 55	- 160 20	- 143 68	- 154 74		0 0
VI	- 146	52	- 135 43	- 130 57	0 0	- 140 65	- 135 51	- 152 69	- 152 69	- 155 56	- 142 59	- 160 50	- 162 65	- 144 68		0 0
VII	- 155	49	- 155 37	- 155 60	- 145 56	- 146 62	- 157 50	- 160 58	- 160 58	- 162 53	- 147 45	- 148 36	- 167 50	- 164 30		0 0

Resultant von Januar und Februar.

I	+ 13°	95	- 4° 104	+ 42° 165	+ 22° 140	- 60° 37	+ 32° 65	+ 46° 180	+ 8° 175	- 17° 38	- 18° 153	- 31° 83	- 29° 78	- 48° 20	0° 225
II	- 6	49	- 120 52	+ 39 131	+ 1 127	- 71 28	+ 28 68	+ 46 108	+ 5 142	- 64 40	- 36 96	- 122 42	- 118 44	- 147 37	- 18 80
III	- 76	15	- 139 54	+ 30 86	- 110 42	- 115 18	+ 52 44	+ 71 17	- 61 47	- 145 35	- 70 22	- 118 55	- 126 57		
IV	- 136	25	- 168 59	- 7 25	- 93 14	- 20 24	+ 45 15	- 151 34	- 130 60	+ 179 49	- 152 49	- 113 48	- 105 39		
V	- 160	56	- 161.5 73	- 146 65	- 162 39	- 153 45	- 143 26	- 148 58	- 169 63	+ 176 57	- 167 73	- 161 65	- 164 54		
VI	- 162	61	- 158.5 69	- 145 68	- 160 61	- 149 57	- 153 54	- 152 62	- 173 66	- 176 60	- 171 82	- 169 58	- 169 58		
VII	- 163	52	- 159 55	- 156 69	- 165 65	- 154 64	- 152 45	- 152 59	- 168 44	- 173 50	- 165 41	+ 180 41	- 175 49		

1 Die Stationen oder Eingradfelder liegen zwischen den folgenden nördlichen Breitengraden und westlichen Längengraden:

Stationen	I	II	III	IV	V	VI	VII
N.Br.	47-48°	42-43°	35-36°	30-31°	23-24°	18-19°	8-9°
W.L.g.	6-7	9-10	13-14	15-16	18-19	21-22	25-26

Tabelle 16 D.

Isobaren-Richtung und Druckgradient an verschiedenen **Küsten-Stationen**. Die Bezeichnung der Isobarenrichtung mit + und - für *Stad* siehe S. 115, und für W gerechnet, mit + auf der Südseite und mit - auf der Nordseite
Dezember.

Station	Mittl. Isobarenricht. u. Gradient	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900
Stad ¹	S 42° W 221	+18° 154 +48	-15° 168 -43	+118° 214 +188	-12° 210 -43	+13° 240 +53	-15° 220 -57	+4° 250 +17
Torungen ²	S 10 O	+85 66 +66	-60 78 -68	-30 100 -50	+39 115 +72	+76 154 +149	-60 181 -157	+67 95 +88

Januar.

Station	Mittl. Isobarenricht. u. Gradient	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901
Stad ¹	S 56° W 245	-36° 157 -92	+23° 243 +95	-37° 200 -120	+17° 343 +100	-36° 222 -130	-26° 235 -103	+2° 278 +10
Torungen ²	S 10 O	-69 173 -152	+25 192 +82	-95 213 -212	+95 154 +154	-10 59 -10	-63 167 -148	+61 79 +69
Hamburg					+1 184	+2 157	+11 77	+24 138

Februar.

Stad ¹	S 49° W 170	-37° 50 -30	+14° 300 +72	+21° 194 +70	-13° 250 -56	-15° 100 -26	-61° 334 -290	+81° 120 +119
Torungen ²	S 10 O	-69 215 -200	+92 77 +77	+47 147 +107	+28 85 +40	+70 60 +56	-79 200 -196	+12 63 +13
Shetland ³	W 106				-16 166 -46	+68 101 +93	-141 115 -72	-75 125 -121
Thorshavn	N 79 W 71				+3 190 +10	+91 77 +77	-141 235 -147	-62 125 -110
Ostküste Islands ⁴	N 33 O 42				-48 90 -67	+90 80 +80	-148 250 -132	-64 48 -43
Reykja- nes ⁵	S 24 W 59				-19 100 -32	+56 200 +166	+137 250 +170	-3 53 -3
Stornoway	S 86 W 125				-18 304 -94	+74 123 +118	+170 60 +10	-84 125 -124
Irland ⁶	S 80 W 137				-22 210 -79	+68 158 +146		-85 70 -70
Hamburg					-4 150	+30 78	+50 125	-17 90

März.

Stad ¹	S 48° W 130	-26° 117 -51	-22° 192 -72	-39° 182 -114	+12° 170 +35	+87° 100 +100	+92° 100 +100	-26° 50 -22
Torungen ²	S 10 O	-12 60 -12	+18 66 +20	-75 135 -130	-43 111 -75	+75 118 +114	-38 65 -40	-70 66 -62
Shetland ³	S 51 W 95				-59 62 -53	-116 105 -95	-129 98 -76	+1 26 0
Thorshavn	S 59 W 55				-48 85 -63	-111 40 -37	-89 78 -78	0 0 0
Ostküste Islands ⁴	S 76 O 46				-98 59 +160	+53 53 -48	61 -149	40
Reykja- nes ⁵	S 49 O 99				+79 91 +170	+102 102 +12	50 +134	50
Stornoway	S 77 W 105				-45 125 -88	-31 83 -43	-107 75 -72	-3 29 -2
Irland ⁶	S 86 W 114				-59 133 -114	+6 121 +13	-109 59 -56	-9 42 -7
Hamburg					0 0	-17 160	-80 42	+110 36

¹ Außerhalb Stad auf 62° 30' N.Br., 5° O.Lg. ² Torungen auf 58° 25' N.Br., 8° 48' O.Lg.
⁵ Bei Reykjanes (Westküste Islands) auf 64° N.Br., 22° 30' W.Lg. ⁶ An der Westküste Irlands auf

Zahlen haben dieselbe Bedeutung wie für Tabelle 12 D erklärt. In betreff der *Torungen* siehe S. 117. Für *Hamburg* sind die Isobarenrichtungen (woher) von dieser Richtung. So ist es auch für Island (Ost und West) für März getan.

1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909
-37° 160 -96	+ 6° 270 +28	-15° 300 - 78	+15° 190 +49	+30° 270 +135	+24° 240 +97	-30° 220 -110		
- 7 143 -17	+57 75 +63	-43 166 -113	+83 100 +99	+80 165 +162	+60 71 +61	-52 181 -143		

1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
+44° 214 +148	-10° 263 -46	-16° 308 - 85	+ 7° 330 +40	-5° 230 -20	+10° 222 +38	+14 222 + 54	+ 8° 254 + 35	-15° 250 -64
+62 156 +137	+53 86 +69	+48 139 +103	+95 83 +83	+55 92 +75	+68 74 +69	+65 143 +130	+72 129 +107	+48 90 +67
-21 235	+23 162	+37 154	-17 167	+18 200	-25 170	-6 154		

+ 1° 188 + 3	+29° 274 +132	-34° 238 -139	+27° 250 +114	- 20° 190 - 65	+21° 230 + 82	+ 38° 193 +118	- 9° 150 - 23	-17° 274 - 80
+43 81 +55	+75 210 +202	- 50 170 -130	+75 127 +122	+ 48 140 +104	+96 87 + 86	+ 60 182 +157	-40 50 - 32	+22 153 + 57
+42 80 +54	+14 253 + 61	+ 80 137 +135	+ 6 208 + 22	- 32 125 - 66	0 200 0	- 17 200 - 59	+31 75 + 39	+48 200 +149
0	+38 222 +136	+152 64 + 30	+14 180 + 43	- 44 125 - 87	+21 184 + 66	- 4 187 - 13	+53 129 +103	+57 190 +160
-136 53 - 37	+50 60 + 46	+171 160 + 25	-65 70 - 63	-125 125 -102	-29 60 - 29	- 70 69 - 65		
+100 125 +123	+49 110 + 83	+ 89 133 +133	-33 100 - 54	+ 24 125 + 51	-25 120 + 51	-112 62 - 57	- 6 174 + 60	+96 185 +162
+76 80 + 78	+21 303 +109	+ 78 122 +119	- 4 270 - 19	- 25 167 - 70	+ 2 180 + 6	- 22 260 - 97	+33 103 + 56	
+80 115 +113	+20 286 + 98	+ 15 143 + 37	-10 225 - 39	- 29 210 -102	- 3 210 - 11	- 24 220 - 90	+28 117 + 55	
+130 80	- 2 320	+ 43 117	-17 143	+ 38 143	-18 170	- 20 222	-50 40	+33 167

-10° 170 - 30	-10° 300 - 51	-18° 240 - 74	-35° 170 - 97	+82° 190 + 19	+12° 240 +50	-52° 220 -173	-58° 143 -121	+12° 261 +54
-66 67 - 61	+56 244 +202	-38 154 - 95	+ 7 133 + 15	+34 130 + 73	+75 100 +96	-32 200 -106	-49 238 -180	+88 77 +77
- 7 125 -15	+ 5 265 + 23	+16 166 + 46	+38 174 +107	-77 158 -154	-22 200 -75	+66 125 +114	105	167
-174 87 - 9	+ 9 140 + 22	+25 154 + 65	+81 120 +119	-63 130 -104	- 4 214 -15	+57 138 +118	-151	+ 1 182 + 3
+180 160	-160 143	+95 100	+146 150	-75 90	+47 100	+133 153	-152 187	+34 145
+162 310	+175 200	+102 125	+150 210	0 0	+59 162	+150 160	-162 181	+51 145
- 7 143 - 17	+12 240 + 50	+33 166 + 90	+48 135 +100	-37 148 - 89	+ 4 206 +14	+40 84 + 54		
0 154	+12 250 + 52	+46 70 + 50	+22 190 + 71	-16 125 - 34	+ 7 182 +22	+ 4 120 + 8		
+15 118	+38 187	+136 100	+68 95	-25 203	-10 121	+90 150	+77 91	-15 100

³ Südliche Shetland Inseln auf 60° N.Br., 1° 20' W.Lg. ⁴ Ostküste Islands auf 65° N.Br., 14° W.Lg.
54° N.Br., 10° W.Lg.

Juli.

Station	Mittl. Isobarenricht. u. Gradient	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901
Stad ¹	N 61° W 27	0° 0	0° 0	+59° 100	-20° 95	+40° 87	-51 56	+111° 77
		0	0	+86	-32	+56	-43	+75
Torungen ²	N 53 W 65	+38 91	-3 32	-4 160	-22 105	+8 56	-17 111	0 0
		+56	-2	-11	-39	+8	-32	

August.

Stad ¹	N 79° W 42	+44° 83	0° 0	+79° 76	+35° 111	-4° 50	-19° 32	+31° 95
		+58	0	+74	+64	-3	-10	+49
Torungen ²	N 82 W 53	-10 98	-9 71	+67 83	+20 77	-48 57	+46 31	+24 67
		-17	-11	+76	+26	-42	+22	+27

¹ Außerhalb Stad auf 62° 30' N-Br., 5° O-Lg. ² Torungen auf 58° 25' N-Br., 8° 48' O-Lg.

1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
-61° 71 -62	-146° 59 -33	+34° 55 +31	+29° 53 +26	+74° 84 +81	-71° 83 -78	-83° 13 -13		
-20° 74 -25	+ 47 57 +42	+14 100 +24	- 8 91 -13	+41 53 +35	-12 100 -21	+27 15 + 7		
-74° 46 -44	+14° 66 +16	-59° 49 -42	+46° 40 +29		-4 80 - 6			
-34 47 -26	+ 1 36 + 1	-19 70 -23	+43 51 +35	-4° 43 -3	+6 106 +11	-32° 50 -26		

Tabelle 17 D.

Abweichungen der Luftdruck-Differenz über dem Nordatlantik, zwischen dem azorischen Maximum und dem isländischen Luftdruck-Minimum in $\frac{1}{10}$ mm.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres-Mittel
Mittel	24.9	24.1	19.5	15.9	12.4	14.3	15.2	15.1	16.5	18.0	20.5	24.5	18.4
1883												-45	
84	-9	39	45	-79	-4	37	-32	29	35	0	-45	55	5.9
85	31	-41	-15	21	-4	17	-12	-51	15	-80	-45	-85	-20.8
86	-29	-81	-35	-59	-24	-3	8	29	-25	0	-5	-25	-20.8
87	51	-1	-55	-39	-4	-23	8	-51	-25	0	-45	-85	-22.4
88	-89	-101	-55	-59	-24	17	28	-31	-45	-40	35	35	-25.8
89	-29	-41	-55	21	56	37	-32	29	-65	-20	-5	55	-4.1
90	91	-21	25	21	16	17	48	9	15	20	55	-35	21.8
91	-69	19	-15	-39	-4	-43	-32	9	35	60	-25	35	-5.8
92	-29	-141	-95	-39	-44	17	8	-11	35	-60	-25	-45	-35.8
93	-149	19	5	1	-4	-23	8	-51	35	0	-25	15	-14.1
94	11	99	45	41	36	57	8	-11	-25	-60	75	-25	20.9
95	-129	-41	5	-19	36	-43	-12	9	-5	-40	15	-45	-22.4
96	-9	19	45	41	16	-23	28	9	-25	0	-25	75	12.6
97	-89	19	45	101	16	-43	-12	29	15	-20	-45	15	2.6
98	91	19	-75	81	-24	-23	-12	29	15	0	-5	15	9.3
99	-9	39	-75	-39	-64	17	8	9	15	20	75	-85	-7.4
1900	31	-81	-35	-19	16	17	-32	-11	35	0	55	55	2.6
01	31	-21	5	1	-24	-3	8	9	35	20	15	-25	4.3
02	31	-81	-15	-59	16	-23	-12	-31	-65	20	15	15	-15.8
03	11	119	145	-19	-4	-23	-12	29	15	20	35	35	29.3
04	71	19	-15	101	36	17	8	9	35	40	-5	-5	25.9
05	31	79	85	1	36	17	-12	29	-25	-40	35	55	24.3
06	71	19	5	41	-4	-3	28	-11	15	40	-65	15	12.6
07	11	39	85	21	-24	17	-32	9	15	20	35	55	20.9
08	31	59	45	21	16	-3	8	-31	-5	60	-25	35	17.6
09	31	-61	-35	1	-44	-3	48	9	-45	40	-45	-65	-14.1
10	11	119	-15	-59	-4								

Tabelle 18 L.

Abweichungen der Luft-Temperaturen in vier Gebieten der **Vereinigten Staaten Nordamerikas** in $1/100^\circ \text{C}$. Die Mitteltemperaturen sind für alle vier Gebiete für den Zeitraum 1883–1913 berechnet.

Staaten am Mexikanischen Golf (Mielkes Gebiet 9).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres-Mittel
Mittel	11.50	12.76	16.38	19.67	23.30	26.20	27.41	27.29	25.49	20.57	16.23	12.54	19.95
1874	72	57	157	39	81	102	9	160	1	-18	44	90	66
75	-222	-92	-21	-172	70	91	120	-79	-160	-146	94	229	-24
76	283	174	-188	27	-8	58	98	43	-55	-124	-246	-459	-33
77	-122	-10	-94	-39	-24	86	114	71	-5	-7	-228	-37	-25
78	-228	-98	217	144	70	86	136			-1	-56	-315	-5
79	-144	-115	117	-45	42	8	98	-96	-61	160	77	212	21
80	489	174	84	117	142	30	9	-44	-154	-113		-210	45
81	-222	-76	-216	-84	103	202	209	88	51	215	-17	141	32
82													
83	5	212	-110	106	131	80	76	4	-61	187	50	196	73
84	-350	201	84	-72	25	-87	70	-62	62	165	-117	7	-6
85	-139	-198	-261	39	-86	-25	9	-29	-61	-207	-112	-165	-103
86	-439	-198	-316	-156	-13	-36	-63	-29	-21	-51	-173	-237	-161
87	-200	321	-16	27	31	-92	14	4	-27	-29	-17	[12]	2
88	45	185	-121	150	-24	-20	-8	-51	-188	-80	-112	18	-17
89	72	-43	-76	77	-75	-70	31	-74	-77	-29	-90	530	15
90	489	424	-99	66	-19	41	3	-45	-94	-7	132	68	80
91	-33	319	-138	-6	-97	58	-46	-51	-38	-91	-73	168	-2
92	-162	196	-194	66	-24	-9	-35	-40	-43	54	-56	-15	-22
93	-189	163	-71	194	9	-3	54	-12	135	43	-12	207	43
94	267	46	112	117	3	-58	109	-62	7	71	-17	112	59
95	17	-465	-10	-6	-46	2	-8	-1	106	-40	10	12	-36
96	11	52	-60	155	176	47	43	109	46	60	232	112	82
97	-39	246	312	33	-35	97	70	15	13	-196	783	101	117
98	278	96	151	-106	76	69	-2	-7	51	-40	[-95]	-65	34
99	89	-181	35	-84	187	41	3	93	-61	-35	21	-54	5
1900	-28	-132	-110	16	14	-25	-8	55	135	227	61	24	19
01	100	-170	-94	-195	-24	53	65	4	-49	54	-151	-192	-50
02	-111	-299	1	-6	164	108	37	93	-61	76	199	-43	13
03	-50	2	117	-84	-102	-126	-30	26	-94	-51	-162	-232	-66
04	-144	96	168	-95	-58	-14	-86	-68	68	87	-90	-59	-16
05	-217	-387	157	5	147	58	-52	-1	62	21	77	-215	-29
06	23	-132	-232	50	-35	58	-174	-7	90	-140	16	63	-35
07	394	52	390	-195	-130	-47	14	49	18	-18	-151	-54	27
08	-44	-154	257	177	-2	-3	-30	-23	-72	-151	38	123	10
09	167	68	12	-12	-86	35	31	66	-21	5	199	-359	9
10	-39	-203	179	-90	-97	-103	-46	10	62	27	-146	-237	-57
11	233	235	101	16	-2	135	-80	-23	190	149	-157	74	73
12	-244	-310	-172	-101	53	-132	14	21	51	104	-190	-15	-77
13	233	-70	17	-90	-46	-70	37	26	-116	-151	94	[123]	-1

Tabelle 18 L. a.

Staaten an der Pazifik-Küste (Mielkes Gebiet 10).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres-Mittel
Mittel	8.06	9.00	10.70	12.45	14.65	17.10	19.31	19.30	17.59	14.77	11.68	9.00	12.88
1874			-181	-717	63	-115	-109	-158	-75	40	-35	11	
75		22	-64	99	-4			-80	-20	90	49	200	
76	-11			-123	-54	45		-158	-26	101	65	44	
77	250	267	58	10	-59		-42	-102	-31	-11	110	128	
78	194	178	163	39	57	-4	-176	-130	-109	-49	32	-72	10
79	-156	66	141	55	-88	7	-114	9	-31	-94	-151	-139	41
80	-117	-239	-220	-45	7	12	119	-113	-42	-27	-273	22	+76
81	71	189	74	232	152	45	-109	-41	-9	-160	-129	11	27
82													
83	-173	-205	219	-12	135	379	369	220	-120	-260	-51	-17	40
84	27	-89	19	110	235	145	164	259	-37	-27	71	178	88
85	33	50	325	232	224	79	197	64	130	156	49	133	139
86	22	250	-42	44	202	240	242	243	58	-94	-140	167	99
87	138	-256	136	-6	12	29	-54	-80	25	62	10	[11]	2
88	-211	111	-31	166	23	29	-9	47	191	79	-29	77	37
89	27	156	241	194	119	140	69	53	158	118	98	-61	109
90	-244	-111	-20	21	185	7	80	109	85	118	204	144	48
91	160	-445	58	27	52	18	108	203	124	145	127	-83	41
92	122	106	91	-72	57	-49	-87	25	13	23	82	-17	25
93	-11	-83	-115	-145	-43	-104	-92	-35	-131	-133	-118	61	-79
94	-117	-189	-142	-6	-26	-160	-20	81	41	-16	60	-105	-50
95	-67	122	-59	-23	18	23	-76	-69	-109	40	-73	-78	-28
96	144	184	3	-206	-104	29	86	14	-48	6	-185	128	4
97	5	-28	-259	110	196	1	-42	42	-9	-60	-95	-11	-13
98	-139	128	-131	61	-105	23	-54	9	-15	-11	-84	-83	-33
99	100	-56	-82	-39	-226	-82	-87	-202	85	-94	116	0	-47
1900	149	83	174	-34	63	40	-36	-135	-75	-82	49	83	23
01	0	61	58	-139	-76	-115	-136	-13	-142	134	76	22	-23
02	-40	111	-109	-67	-59	-10	-92	-69	2	6	-90	-23	-37
03	55	-128	-87	-112	-59	29	-198	-97	-37	79	27	39	-41
04	44	-45	-109	66	29	34	-114	-47	63	67	160	50	17
05	116	133	174	83	-93	-60	8	-35	-4	-49	-90	-72	9
06	105	189	-26	-112	248	-77	57	-53	-20	90	-79	-5	26
07	-162	206	-131	44	-4	-77	-31	-102	-92	67	49	61	-14
08	89	-45	3	61	-165	-121	46	-69	-37	-116	-7	-178	-45
09	-11	-17	-115	16	-298	-55	-125	-80	2	-193	-46	-200	-94
10	-128	-94	125	105	108	-115	-48	-113	-70	62	-51	-50	-22
11	5	-161	80	-123	-137	-115	-9	-113	-126	-22	-35	-100	-71
12	133	133	-131	-178	7	-32	-109	-119	-15	-133	10	-61	-41
13	-162	-67	-120	-61	-32	-77	-14	53	96	29	-7	[-5]	-31

Tabelle 18 L. b.

Innere Staaten (Mielkes Gebiet 16).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres- Mittel
Mittel	-2.76	-1.63	3.64	9.63	15.05	20.12	22.96	22.07	17.99	11.59	4.88	-0.30	10.27
1883	-274	-137	-42	-207	-144	32	10	-1	-71	-126	68	147	-62
84	-74	74	-3	-57	39	71	-90	-7	29	135	106	-42	15
85	-218	-143	-97	-119	-44	-95	48	-101	-49	-65	101	130	-54
86	-213	146	-36	70	117	71	71	54	-32	102	-216	-142	-1
87	-52	13	53	-7	206	38	121	-35	-43	-126	-5	-3	13
88	-346	157	-192	131	-72	16	-2	-40	-82	-176	-38	91	-46
89	65	-120	258	170	28	-51	32	15	-93	-65	-82	441	50
90	87	252	-120	109	-33	82	60	-96	-60	-42	112	158	42
91	232	63	-125	115	-27	-45	-146	-29	157	47	-55	224	34
92	-85	307	8	-52	-94	38	15	65	118	85	-44	-148	18
93	-235	-93	-42	-46	-111	82	65	10	23	35	-49	74	-24
94	176	-43	286	137	73	60	82	82	12	113	23	191	99
95	-113	-170	-20	181	73	10	-107	37	107	-103	-55	36	-10
96	248	269	-108	176	195	99	37	110	-82	-42	-77	24	71
97	20	157	-70	59	67	-56	54	10	195	185	40	-87	48
98	126	280	164	37	1	99	65	126	129	-76	-194	-192	47
99	126	-248	-192	76	-16	44	37	10	7	97	251	-81	9
1900	293	-104	-47	126	106	71	-18	110	7	224	-32	30	64
01	126	-148	-14	-52	12	-40	232	76	-88	130	-16	-142	6
02	37	-48	86	-7	67	-112	-74	-101	-121	69	156	-148	-16
03	65	-170	169	-19	34	-140	-74	-74	-105	52	-105	-231	-50
04	-168	-131	8	-141	12	-79	-118	-74	-5	19	101	-98	-56
05	-168	-270	219	-35	-94	-45	-79	49	51	-115	-32	-53	-48
06	243	85	-286	-169	-27	-79	-79	54	112	-42	-82	24	-21
07	15	135	236	-235	-288	-201	-63	-101	-77	-37	-32	102	-46
08	148	41	136	-219	-83	-90	10	-46	34	-59	1	-31	-13
09	109	124	-58	-152	-127	-1	-85	71	-77	-87	218	-442	-42
10	-24	-154	-3	115	-77	-6	48	-46	40	58	-82	-120	-21
11	176	130	153	-52	151	116	-2	-29	90	-76	-266	30	35
12	-380	-87	-286	-2	45	-79	-63	-118	-99	-42	68	19	-85
13	65	-154	-42	59	12	77	15	15	-32	-70	229	230	34

Tabelle 18 L. c.

Staaten an der Atlantischen Küste (Mielkes Gebiet 17).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres-Mittel
Mittel	1.87	2.02	6.21	11.32	16.75	21.12	23.50	22.79	19.87	14.16	8.49	3.54	12.64
1883	-98	231	-215	-32	-25	121	56	-7	-93	12	107	113	14
84	-154	370	51	-65	14	-34	-72	-18	146	128	23	96	32
85	19	-280	-382	-4	-92	5	61	-7	-87	-60	18	29	-65
86	-193	-113	-88	57	-14	-90	-39	-51	41	40	45	-193	-50
87	-15	248	-138	-82	147	-6	139	-40	-148	-60	-66	[-67]	-7
88	-215	137	-210	-38	-81	38	-150	-29	-193	-249	12	-37	-85
89	302	-108	40	85	97	49	-50	-62	-26	-144	145	446	65
90	483	498	-10	62	31	116	-33	-7	41	1	107	-126	97
91	152	370	-93	96	-97	21	-150	60	130	-99	-49	363	59
92	13	154	-154	1	-19	99	-6	93	-37	-27	-43	-32	4
93	-409	87	-99	40	-36	10	44	15	-70	56	-21	74	-26
94	196	48	296	12	64	38	22	-40	124	73	-116	85	67
95	-20	-369	-65	-10	-19	99	-83	99	174	-172	84	113	-14
96	-65	81	-165	146	231	-1	56	99	-4	-105	268	-76	39
97	-76	170	129	29	-31	-40	39	10	-4	95	62	79	39
98	135	87	296	-115	-8	10	33	110	113	367	-14	-15	83
99	7	-196	-4	-32	47	121	0	54	-48	84	51	63	12
1900	69	-24	-143	51	-19	32	83	199	174	240	145	-15	66
01	-15	-258	7	-149	-64	21	111	54	35	-10	-293	-71	-53
02	-131	-180	173	1	31	-51	-17	-68	-43	56	257	-98	-6
03	-15	159	357	7	31	-245	-22	-112	-54	84	-205	-282	-25
04	-365	-285	-54	-160	64	-62	-67	-73	-59	-138	-199	-282	-140
05	-270	-396	51	-4	47	-51	0	-85	-70	-16	-77	2	-72
06	246	-24	-221	68	-14	44	-61	127	130	-49	-21	-110	10
07	130	-246	207	-276	-203	-179	6	-57	46	-210	-71	68	-65
08	-15	-196	185	107	69	16	56	-57	-26	6	23	29	16
09	124	270	-38	29	-44	66	-100	-62	-104	-144	162	-243	-7
10	13	-63	301	157	-325	-101	28	-62	13	90	-216	-371	-45
11	141	42	-104	-99	175	44	72	15	-37	17	-166	213	-26
12	-426	-208	-121	62	58	-45	-17	-79	41	84	-5	168	-41
13	463	-2	212	62	-14	-34	50	-12	-120	62	68	[67]	67

Tabelle 19 M.

Monatsmittel der **täglichen Variation der magnetischen Deklination**
in Kristiania (in $\frac{1}{100}$ Minut).

Jahr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Summe	Jahres-Mittel
1860	461	929	1274	997	896	1143	1113	884	815	767	539	291	10109	842
61	277	816	933	1265	1069	1106	876	1026	582	611	868	346	9375	781
62	383	487	781	926	701	1024	977	790	777	833	326	245	8250	688
63	386	597	962	990	957	980	893	867	606	640	343	165	8386	699
64	358	499	818	971	904	896	922	708	431	623	192	95	7417	618
65	130	468	953	893	839	889	693	719	606	434	93	180	6897	575
66	333	570	550	814	860	875	813	699	415	356	329	232	6846	571
67	235	504	786	842	695	861	875	764	552	342	221	153	6830	569
68	308	433	868	1055	754	933	927	914	545	501	384	344	7966	664
69	335	699	845	1074	838	1201	1170	953	884	689	517	204	9409	783
70	406	627	1142	1293	1428	1277	1387	1157	942	1020	722	508	11909	992
71	610	847	1225	1377	1078	1355	1256	1233	972	878	593	419	11843	987
72	670	766	1024	1349	1011	1239	1141	1085	1079	821	567	306	11058	922
73	323	606	1094	1276	892	891	1057	991	783	613	430	315	9274	781
74	399	628	871	1037	902	940	994	845	744	590	411	192	8553	713
75	145	309	787	1005	762	923	768	778	551	330	230	170	6758	563
76	244	220	627	838	603	852	902	760	536	523	292	181	6578	548
77	248	342	537	712	718	825	834	772	512	460	221	48	6229	519
78	60	297	604	757	679	926	845	753	579	342	197	115	6254	521
79	196	330	686	755	741	857	835	837	575	423	233	170	6738	562
80	278	415	694	981	773	921	853	915	773	723	382	101	7809	651
81	274	488	848	933	793	968	949	912	942	661	305	316	8389	699
82	279	508	884	1236	1110	902	803	900	852	524	548	208	8754	729
83	326	491	943	1088	808	950	1011	961	805	827	505	256	8971	748
84	469	771	1075	1174	951	1060	883	794	858	799	483	280	9597	800
85	364	430	896	1049	803	1100	1030	777	692	664	408	248	8461	705
86	475	581	966	899	819	780	905	804	641	553	176	87	7686	641
87	298	313	561	758	652	749	904	765	366	527	266	210	6369	531
88	221	315	670	752	682	891	849	768	497	538	126	196	6505	542
89	155	379	550	712	693	775	791	760	516	494	139	137	6101	508
90	230	459	647	757	608	740	759	612	546	464	243	256	6321	527
91	273	395	641	595	918	838	966	905	616	700	481	218	7546	629
92	357	480	999	986	742	1076	971	931	698	771	480	328	8819	735
93	346	676	1090	1329	1150	1281	1140	1187	956	861	527	455	10994	918
94	462	757	994	1191	1078	999	996	1160	886	648	390	372	9931	828
95	221	482	899	1077	1022	1225	1057	850	802	580	321	209	8741	728
96	268	547	883	1023	893	796	884	845	821	461	288	211	7917	660
97	214	452	800	952	800	740	859	816	635	467	202	227	7161	597
98	189	234	639	629	799	919	797	796	623	541	230	218	6611	551
99	31	372	630	837	674	876	697	751	658	500	279	82	6383	532
1900	112	331	632	735	679	851	747	798	505	471	157	181	6195	516
01	204	281	635	749	765	779	778	654	507	466	151	99	6113	509
02	270	156	420	537	569	750	753	687	425	379	203	168	5317	443
03	319	405	515	839	783	994	822	852	604	405	210	95	6843	570
04	74	355	773	943	735	1069	855	996	795	703	304	200	7802	650
05	358	650	852	936	1139	840	1062	879	784	783	612	294	9189	766
06	400	744	1074	997	835	952	1032	954	591	664	293	165	8701	725
07	196	623	750	882	799	929	791	781	940	807	293	97	7888	657
08	80	406	684	947	706	829	903	785	940	554	235	165	7234	603
09	248	220	654	1052	805	872	753	801	710	576	318	174	7183	599
10	323	281	677	784	666	772	706	723	434	428	213	85	6092	508
11	214	372	553	783	688	641	830	716	593	373	51	-69	5715	476
12	-56	330	669	784	671	658	811	716	484	454	96	160	5777	481
13	298	408	702	778	661	713	765	728	592	459	240	246	6590	549

Tabelle 20 S.

Monatsmittel der **täglichen Anzahl** (in $\frac{1}{10}$, d. h. 85 = 8.5 und 147 = 14.7)
der **Sonnen-Protuberanzen**.

Nach Beobachtungen am *Osservatorio del Collegio Romano*.

Jahr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Summe	Jahres- Mittel
1871					147	154	153	154	147	144	138	156		
72	140	137	148	121	119	114	119	120	108	94	114	122	1456	121
73	100	105	90	105	96	84	85	67	78	64	75	77	1026	86
74	64	76	80	73	73	63	64	85	86	93	62	51	870	73
75	52	67	62	55	45	38	50	60	74	69	60	54	686	57
76	73	51	52	64	60	43	54	55	64	49	58	43	666	56
77	54	61	47	52	56	37	52	39	42	30	35	34	539	45
78	27	30	40	35	23	23	35	36	36	38	5	14	342	29
79	34	30	24	26	37	17	32	26	47	59	58	33	423	35
80	26	48	62	51	51	89	91	71	70	87	59	78	783	65
81	72	89	92	118	122	108	108	124	143	134	116	101	1327	111
82	96	111	131	120	89	123	124	100	124	118	99	100	1335	111
83	91	95	64	98	92	92	115	91	80	104	86	87	1095	91
84	76	94	136	119	113	126	117	129	104	130	91	85	1320	110
85	68	102	87	97	110	117	105	97	118	100	106	86	1193	99
86	84	69	51	71	60	61	85	69	80	69	72	78	859	72
87	64	71	63	71	71	90	98	94	95	63	110	83	973	81
88	85	81	103	120	75	88	76	80	69	76	45	41	939	78
89	45	77	73	41	12	9	21	32	38	25	21	17	411	34
90	19	17	22	19	16	24	21	27	29	81	21	34	330	28
91	46	70	61	76	46	56	84	68	93	98	57	65	826	69
92	64	70	81	78	77	106	103	98	111	90	93	95	1066	89
93	81	90	91	116	65	58	62	87	68	58	50	65	891	74
94	60	71	81	50	59	64	47	52	55	46	46	34	665	55
95	26	53	69	71	79	70	78	77	60	45	51	54	733	61
96	52	58	46	33	41	47	43	40	38	69	56	38	561	47
97	37	45	54	39	33	40	26	40	52	49	50	30	495	41
98	27	26	24	34	11	30	21	29	48	41	20	32	343	29
99	39	19	22	27	12	27	20	17	32	30	14	25	284	24
1900	33	12	33	22	30	21	28	23	41	71	33	34	381	32

Nach Beobachtungen in *Palermo*.

1880		28	20	17	17	29	26	24						
81	40	55	65	42	51	46	73	69	46	56	49	73	665	55
82	64	50	64	59	56	55	52	64	67	63	62	73	729	61
83	70	63	83	82	86	78	70	60	44	63	66	108	873	73
84	80	68	93	89	59	110	85	81	77	68	73	75	958	80
85	59	78	50	62	61	74	91	93	103	99	91	85	946	79
86	70	82	62	37	58	50	58	61	57	65	58	63	721	60
87	59	37	64	37	38	54	59	58	50	46	40	50	592	49
88	40	41	34	30	25	31	27	37	14	31	19	38	367	31
89	22	23	24	24	18	16	22	15	17	19	23	12	235	20
90	11	14	22	17	11	24	23	26	22	37	37	48	291	24
91	59	45	45	13	59	63	82	53	35	82	43	72	651	54
92	62	58	71	71	94	87	89	73	62	38	45	65	815	68
93	52	43	79	83	53	49	50	53	52	61	45	51	671	56

Nach Beobachtungen in *Catania*.

Jahr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Summe	Mittel
1892	40	42	54	54	56	67	75	62	87	67	67	58	729	61
93	55	68	55	67	37	40	43	70	54	51	31	47	618	52
94	53	54	48	43	42	45	63	49	46	39	36	40	558	47
95	30	21	31	35	33	34	26	42	44	44	28	34	402	34
96	39	37	33	25	33	43	48	56	47	55	35	30	481	40
97	41	54	54	53	41	48	40	47	35	45	52	48	558	46
98	38	42	34	31	24	28	22	39	43	41	34	21	397	33
99	29	29	18	29	25	27	24	14	22	20	9	9	255	21
1900	11	13	15	26	22	8	9	12	12	13	9	13	163	14
01	4	10	6	3	9	11	14	13	8	2	3	4	87	7
02	5	4	4	3	9	6	4	5	4	1	1	3	49	4
03	5	8	8	12	15	11	14	13	11	13	16	16	142	12
04	21	11	36	23	23	31	36	42	22	30	24	28	327	27
05	28	41	44	24	32	28	23	36	33	20	37	9	354	30
06	20	41	57	42	33	32	24	18	4	3	7	13	294	25
07	44	36	57	50	28	23	49	47	55	40	42	51	522	44
08	35	33	60	43	43	41	31	29	17	16	42	26	416	35
09	33	40	49	21	21	29	41	37	49	39	43	36	439	37
10	28	32	50	40	22	24	29	18	23	19	17	13	315	26
11	16	18	15	18	13	20	15	22	12	12	14	9	184	15
12	4	11	11	13	6	12	13	19	17	4	14	13	137	11
13	6	6	13	16	20	9	8	6	8	3	11	11	117	10
14	23	28	13	24	24	29	41	39	33	52	57	61	424	35

Erklärung der Tafeln.

Tafel I—XIV. *Oberflächen-Temperaturen* (in $^{\circ}$ C.) der 2-Längengrad-Felder (vgl. S. 4 ff.) unserer Beobachtungsgebiete für jedes Jahr (1898—1910) und jede Dekadengruppe (3. Febr.—4. März Tafel I—VII, 15. März—13. April Tafel VIII—XIV). Die *kleinen Zahlen* oben links bei jeder Temperatur geben die Anzahl von Beobachtungen in jedem 2-Längengrad-Feld und in jeder Dekadengruppe an. Die *Isothermen* für 8° , 10° , 11° , 12° , 13° , 14° , 15° und 16° C. sind gezeichnet.

Tafel I, Fig. 1. Die *Mittel-Temperaturen* für die erste Dekadengruppe (3. Febr.—4. März) für die Jahre 1900—10, in den 2-Längengrad-Feldern des Schiffahrtweges *Kanal—New-York*, und in den 10-Längengrad-Feldern des Gebiets *Portugal—Azoren*.

Die *Pfeile* geben die mittlere Isobaren-Richtung und mittlere Stärke der Druckgradienten für die 10-Längengrad-Felder in den Jahren 1898—1908 an.

Tafel VIII, Fig. 1. Die *Mittel-Temperaturen* für die zweite Dekadengruppe (15. März—13. April) für die Jahre 1900—10, in den 2-Längengrad-Feldern des Schiffahrtweges *Kanal—New-York*.

Die *Pfeile* geben die mittlere Isobaren-Richtung und die mittlere Stärke der Druckgradienten für die 10-Längengrad-Felder in den Jahren 1898—1908 an.

Tafel XV. Die *Karte: Felder und Stationen*. Die *freistehenden Zahlen* geben Felder mit Oberflächen-Temperaturen an, die *Zahlen in Ringen* Felder oder Stationen mit Luft-Temperaturen.

Felder 1—6: Die 6 10-Längengrad Felder der Route Kanal—New-York.
Felder 7—18: Die 12 Felder von 10 Längengraden und 2 Breitengraden des Gebiets zwischen Portugal und 40° W-Lg.

Felder 19—20: Die zwei holländischen 10-Grad-Quadrate (vgl. S. 70).

Felder 21—24: Die vier 10-Längengrad-Felder der dänischen Beobachtungen (zwischen 0° und 40° W-Lg., 50° und 60° N-Br.).

Felder 25—28: Felder der dänischen Beobachtungen zwischen 60° N-Br. und Island (vgl. S. 7 f.).

Feld 29: Feld der dänischen Beobachtungen zwischen Schottland und 0° W-Lg., und zwischen 56° und 57° N-Br.

Station 30: Horns Rev.

31: Vyl.

32: Gjedser Rev.

33: Durchschnitt von Anholt-Knob und Læsø-Trindel.

34: Skagens Rev.

35: Torungen Leuchtfeuer $58^{\circ} 25'$ N-Br. $8^{\circ} 48'$ O-Lg.

36: Hellisö Leuchtfeuer $60^{\circ} 45'$ » $4^{\circ} 43'$ »

37: Ona Leuchtfeuer $62^{\circ} 52'$ » $6^{\circ} 33'$ »

38: Nordøerne Leuchtfeuer $64^{\circ} 48'$ » $10^{\circ} 33'$ »

39: Andenes Leuchtfeuer $69^{\circ} 20'$ » $16^{\circ} 8'$ »

40: Gjesvær Telegraf-Station $71^{\circ} 6'$ » $25^{\circ} 22'$ »

- Station 41: Thorshavn, Færoer.
 42: Papey (Island).
 43: Vestmanna-Eyar.
 44: Stykkisholm.
 45: Grimsey.
 46: Lufttemperatur für ganz Island (Durchschnitt für Reykjavik, Akureyri, Stykkisholm, Grimsey, Berufjord, Vestmannaeyar).
 47: Upernivik (Grönland).
 48: Godthaab.
 49: Ivigtut.
 50: Nanortalik.
 51: Angmagsalik.
 52: Vardö.
 53: Südvaranger.
 54: Alten.
 55: Tromsö.
 56: Bodö.
 57: Brønnöy.
 58: Röros.
 59: Kristiania.
 60: Ganz Norwegen (22 meteorologische Hauptstationen).
 61: Sumburgh Head (Shetland Inseln).
 62: Stornoway (Hebriden).
 63: Durchschnitt von Laudale und Glasgow.
 64: Durchschnitt von Valencia, Blacksod Point und Makree Castle (Irland).
 65: Scilly Islands.
 66: Durchschnitt für Liverpool, Shields, Oxford, London.
 67: Hamburg.
 68: Paris (Meteorologisches Institut).
 69: Brest.
 70: Biarritz.
 71: Madrid.
 72: Coimbra.
 73: Lissabon.
 74: San Fernando.
 75: Ponta del Gada }
 76: Horta } Azoren.
 77: Funchal (Madeira).
 78: Las Palmas (Kanarien Inseln).
 79: St. Louis.
 80: Dakar.
 81: Kayes.
 82: Arequipa in Peru (Diese Station liegt auf ungefähr 16° 25' S.Br.).
 83: Cayenne.
 84: Fort de France.
 85: St. Croix.
 86: Port an Prince (Haiti).
 87: Bermuda.
 88: Key West.
 89: Jacksonville.
 90: New Orleans.
 91: Galveston.
 92: Knoxville.
 93: Durchschnitt für Washington, Baltimore und Philadelphia.
 94: Atlantic City.

- Station 95: New-York.
 96: Boston.
 97: Eastport.
 98: Halifax.
 99: White Head.
 100: Sydney.
 101: St. Johns.
 102: Cape Norman.
 103: Belle Isle.
 104: Cape Magdalene.
 105: Chatham.
 106: Anticosti.
 107: Father Point (Quebec).
 108: Quebec.
 109: Montreal.
 110: Ottawa.
 111: Toronto.
 112: St. Louis.
 113: Duluth.

Tafel XV. Isoplethen-Diagramm unten: Mittel-Temperaturen der Oberfläche in den 4-Längengrad-Feldern des Schiffahrtweges *Kanal—New-York* für jede Dekade (I—VII) im Zeitraum 1900—1910.

Tafeln XVI—XLI. *Die Karten.* Die *freistehenden Zahlen* geben die Anomalien der Oberflächen-Temperaturen in $\frac{1}{10}^0$ C. an, die *Zahlen in Ringen* die Anomalien der Luft-Temperaturen (in $\frac{1}{10}^0$ C.). Die *fetten aufrechtstehenden Zahlen* geben positive Anomalien an, die *mageren schrägliegenden Zahlen* (mit minus) negative Anomalien. Die *starken Ringe* bezeichnen positive, die *schwachen* negative Anomalien.
 In Betreff der Erklärung dieser Karten siehe sonst S. 100 f.

Tafeln XVI—XL. *Die Kurven-Diagramme* zuunterst auf den linken Seiten. Erklärung siehe S. 101.

Tafeln XV—XLI. *Die Isoplethen-Diagramme* zuunterst auf den rechten Seiten geben die Anomalien der Oberflächen-Temperaturen (in $\frac{1}{10}^0$ C.) für jede Dekade (I—VII) für die 4 Längengrad-Felder des Schiffahrtweges *Kanal—New-York* an. Die *fetten, aufrechtstehenden Zahlen* geben positive Anomalien an, die *mageren, schrägliegenden Zahlen* negative Anomalien.

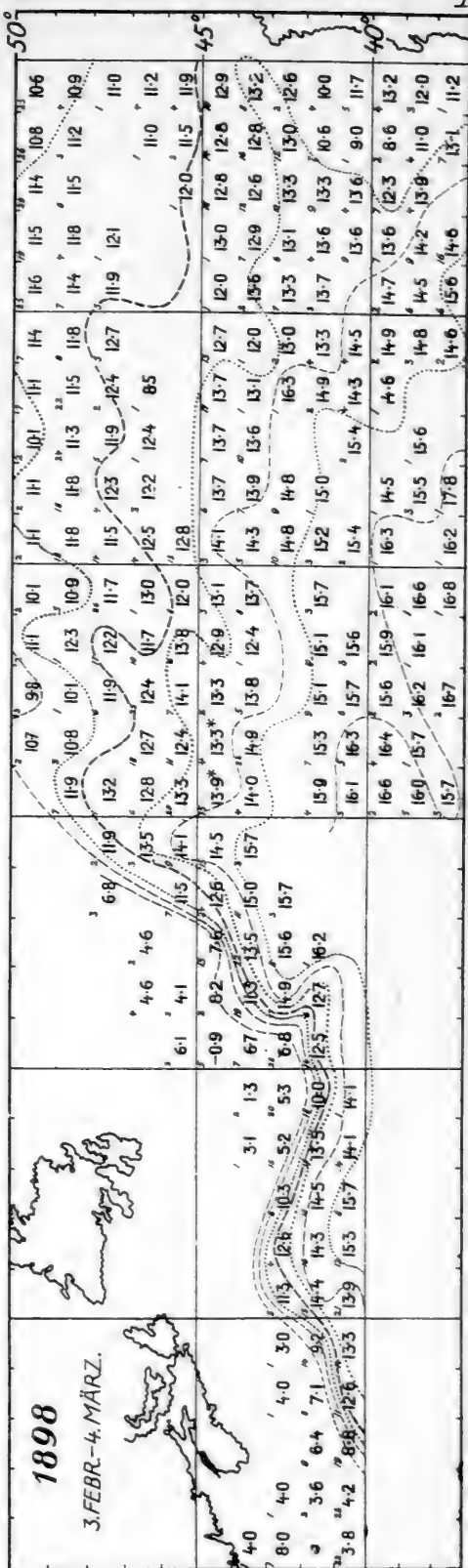
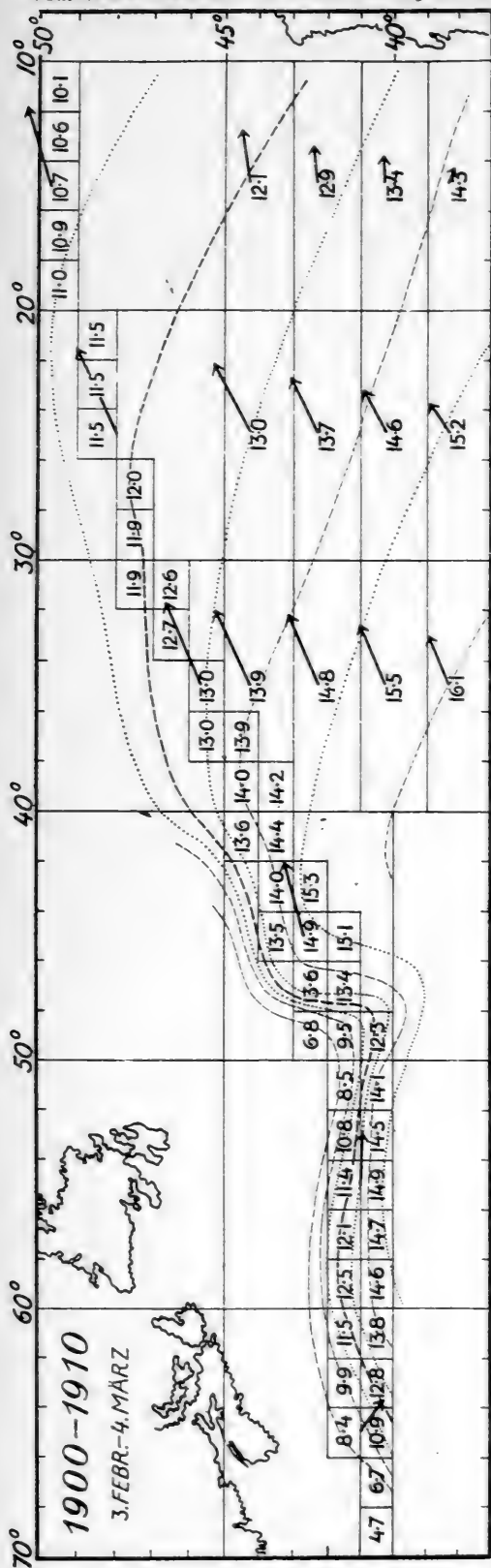
Tafeln XLII—XLIII. Druckgradienten-Kurven und Temperatur-Kurven für die *10-Längengrad-Felder* des Schiffahrtweges *Kanal—New-York* (s. Taf. XV, 1—6) für die erste Dekadengruppe 3. Februar—4. März und für die zweite Dekadengruppe 15. März—13. April. Kurven *B*: Anomalien der Relativzahlen der Druckgradienten (für die Monate Januar—März und die Mittel für Januar und Februar (starke gestrichelte Linien)). Kurven *W*: Anomalien der Oberflächen-Temperatur für 3. Febr.—4. März, und für 15. März—13. April. Kurven *L*: Anomalien der Luft-Temperatur für dieselbe Zeit wie für *W*. *W—L*: Anomalien der Differenz: Oberflächen-Temperatur minus Luft-Temperatur für dieselbe Zeit wie für *W*. Für jede Temperatur-Kurve für jede Dekadengruppe sind die Mittel-Werte für die Jahresreihe 1900—1910 angegeben (unter den Buchstaben *W*, *L* und *W—L*).

Tafeln XLIV—XLV. Druckgradienten-Kurven und Temperatur-Kurven für die zwölf 10-Längengrad-Felder des südlichen Gebietes *Portugal—Azoren* für die erste Dekadengruppe 3. Februar—4. März. Erklärung der Kurven dieselbe wie für Tafeln XLII—XLIII.

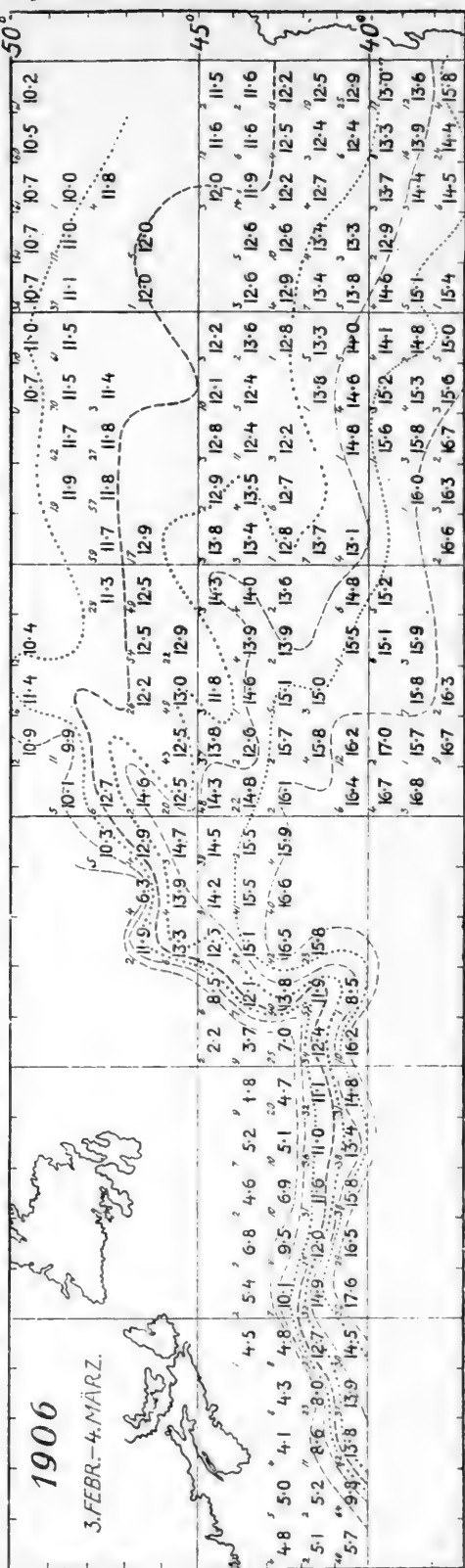
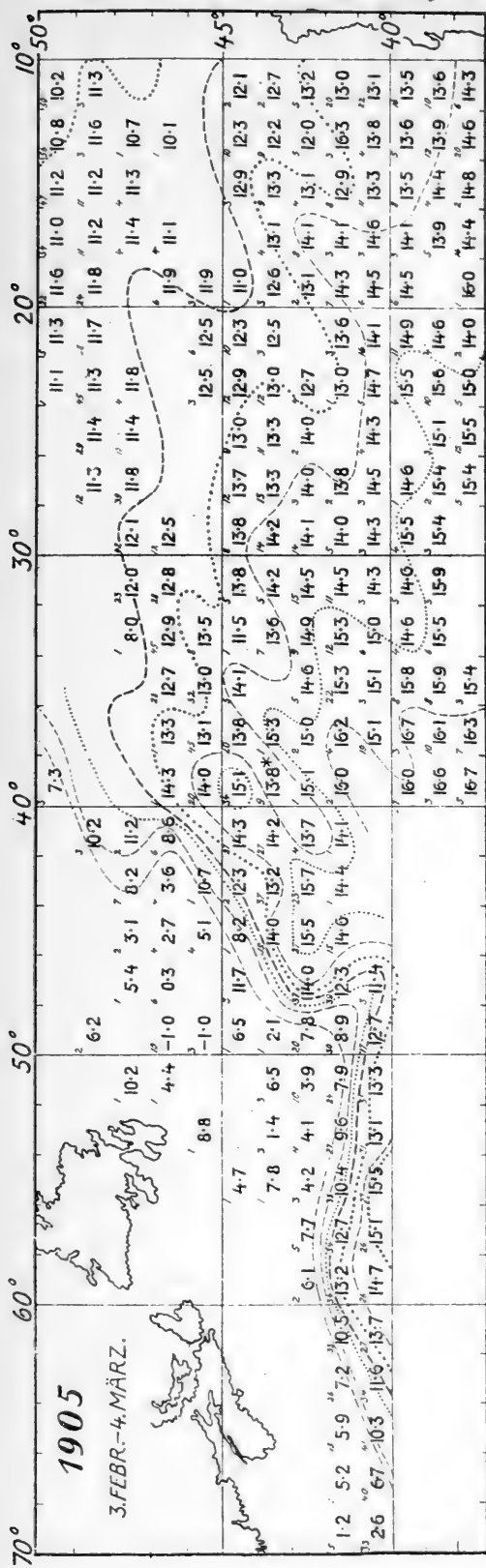
Tafel XLVI. Druckgradienten-Kurven und Temperatur-Kurven für die vier 10-Längengrad-Felder des *dänischen Beobachtungs-Gebietes* (vgl. S. 7 f.) für Februar und für 16. März—15. April. Erklärung der Kurven dieselbe wie für Tafeln XLII—XLIII. Die Kurven *L* in den zwei untersten Diagrammen stellen die mittlere Lufttemperatur für Stornoway (Hebriden), Deerness (Orkney), und Sumburgh Head (Shetland) dar.

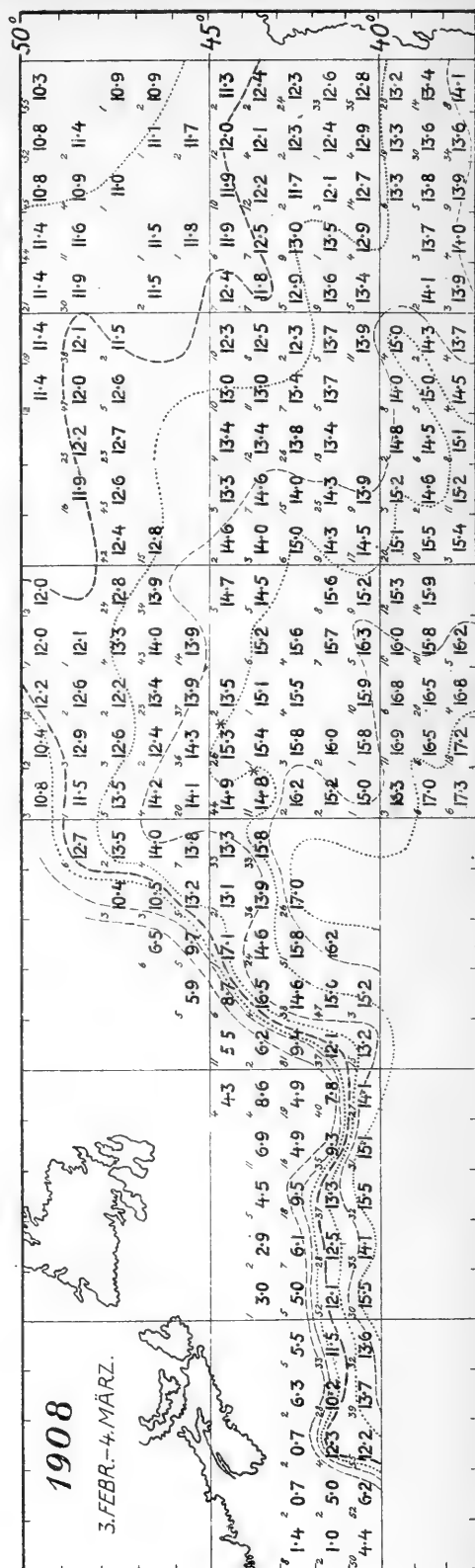
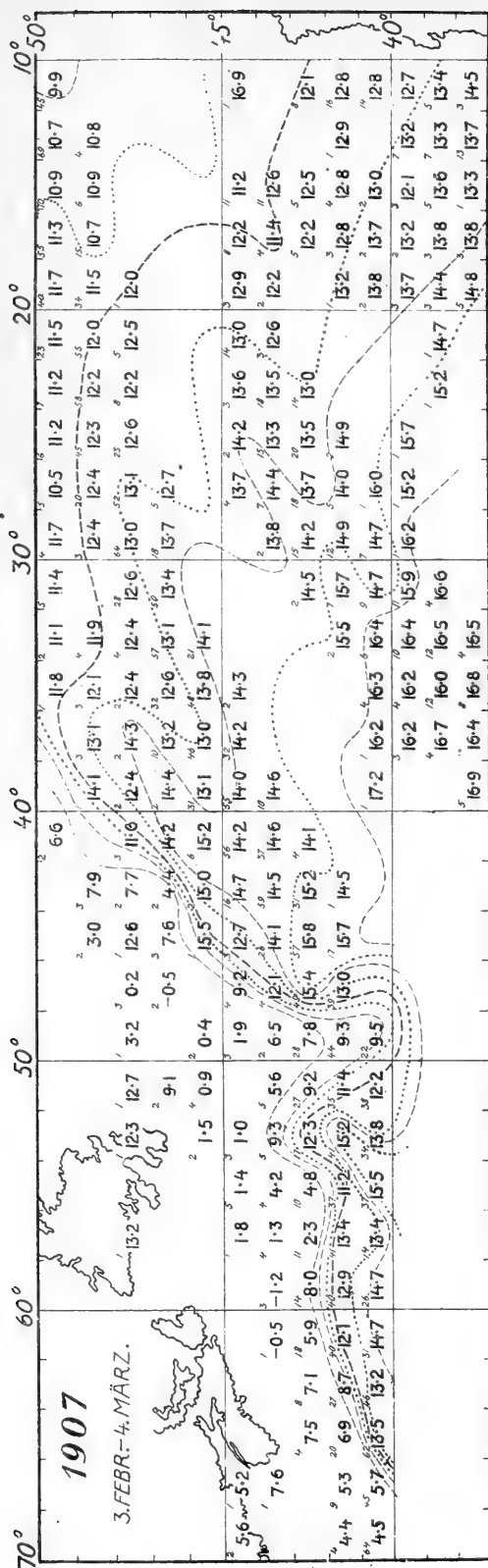
Tafeln XLVII—XLVIII. Druckgradienten-Kurven (*B*) und Temperatur-Kurven (*W* Wasser, *L* Luft) für *verschiedene Stationen an der norwegischen Küste*. Vgl. S. 115 ff.

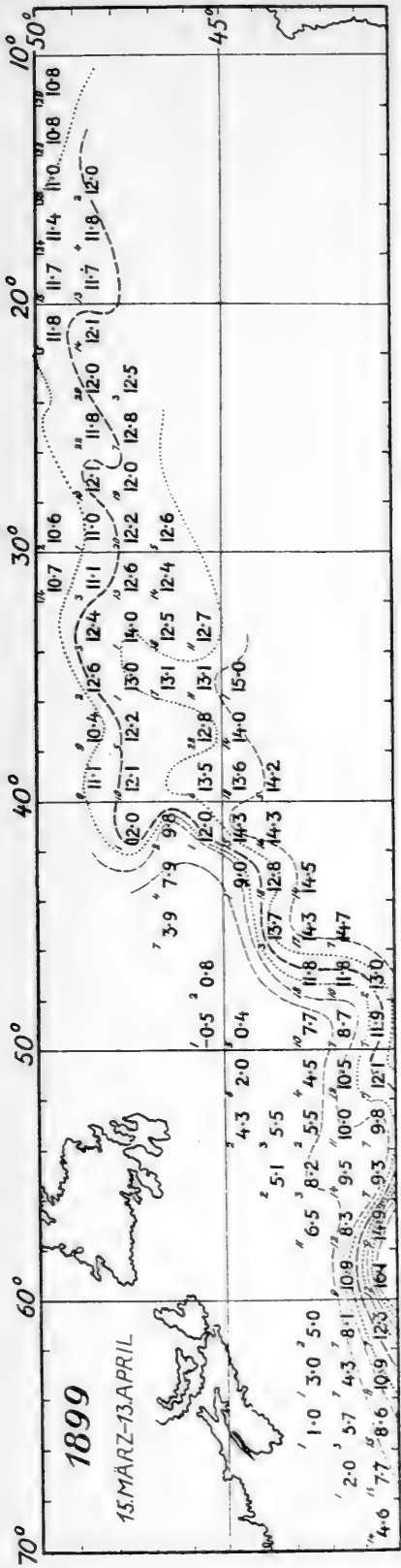
Gedruckt 16. Oktober 1917.

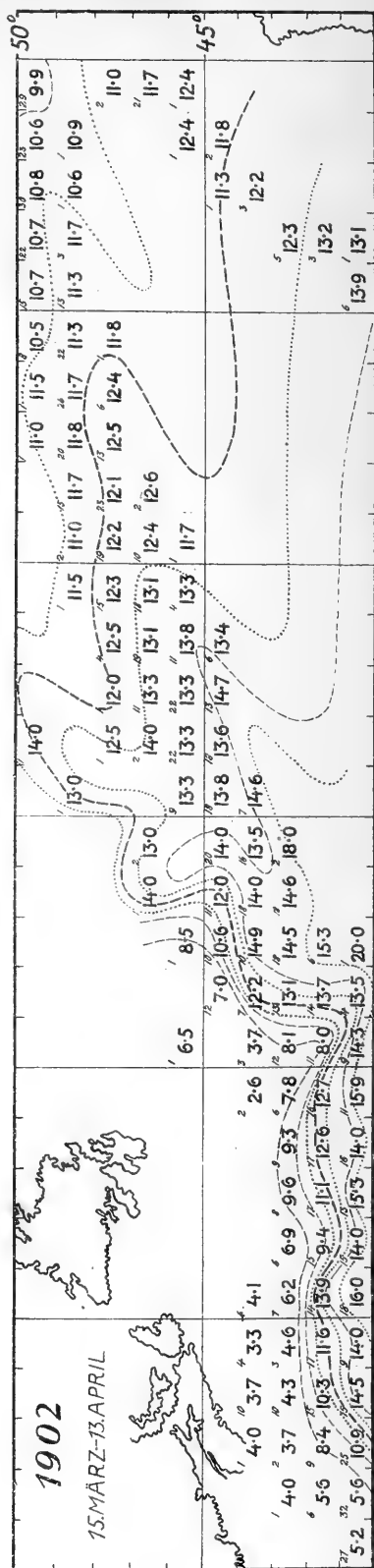
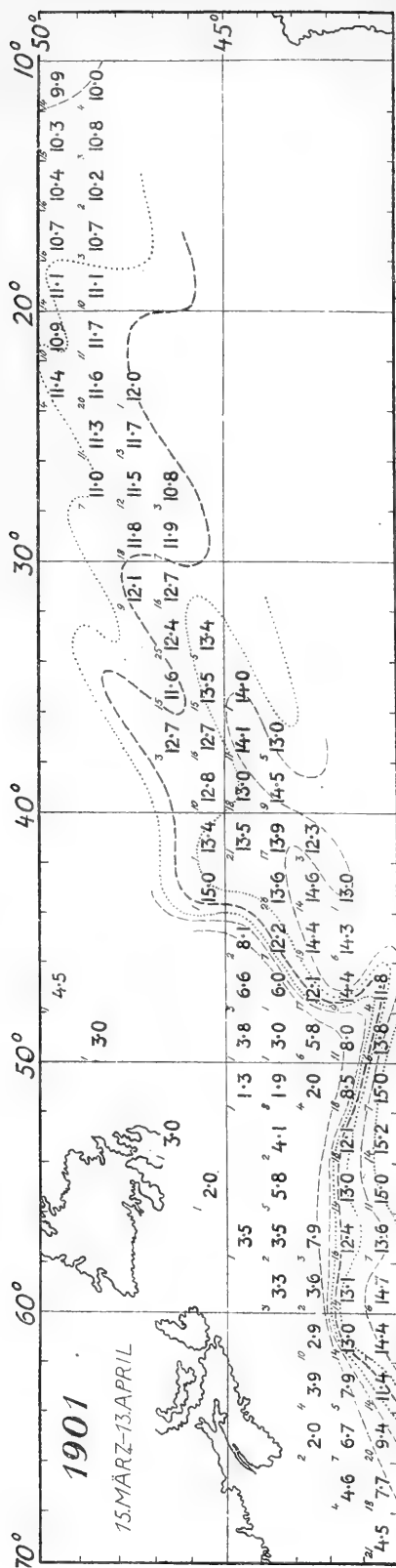


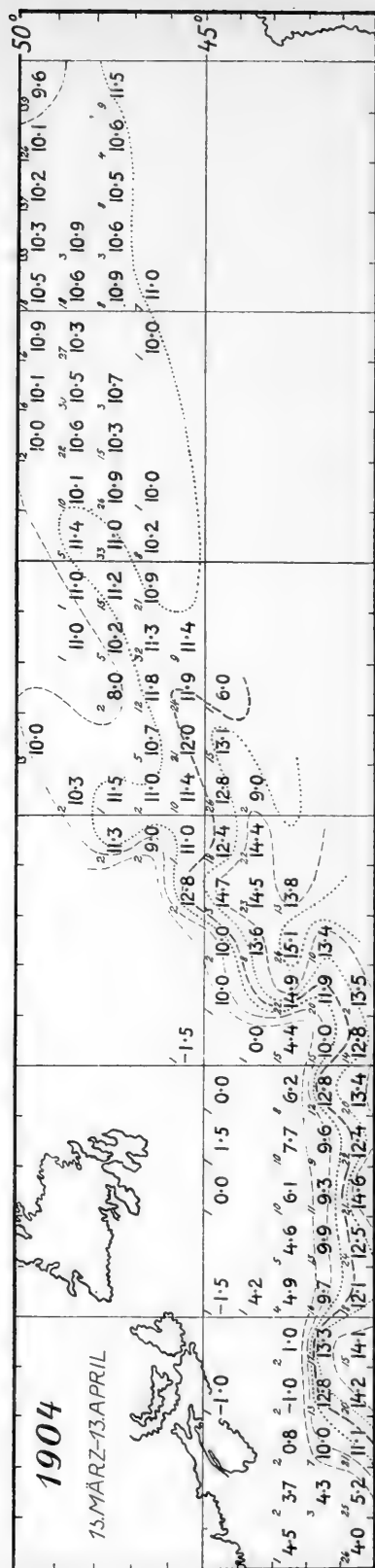
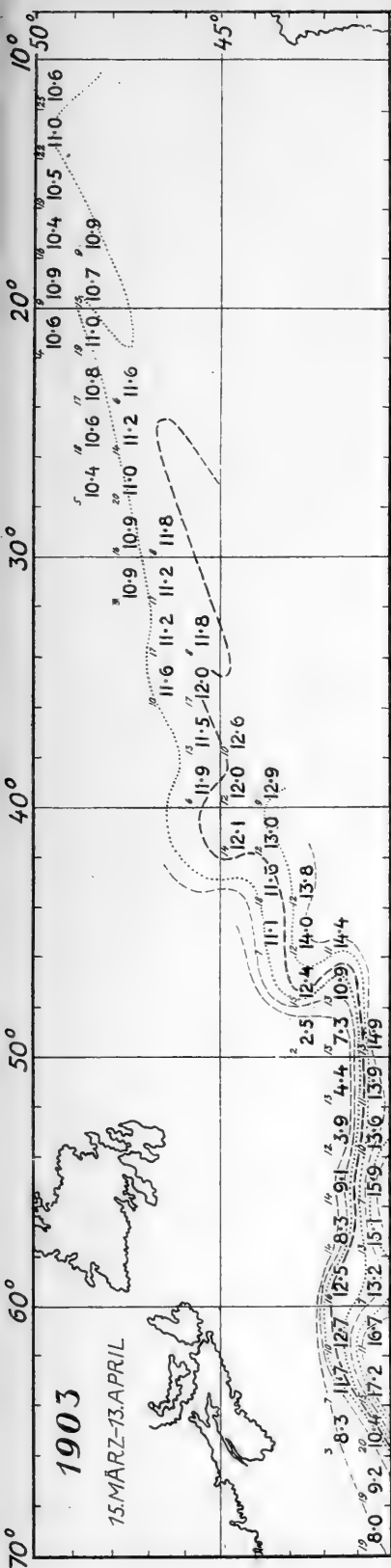


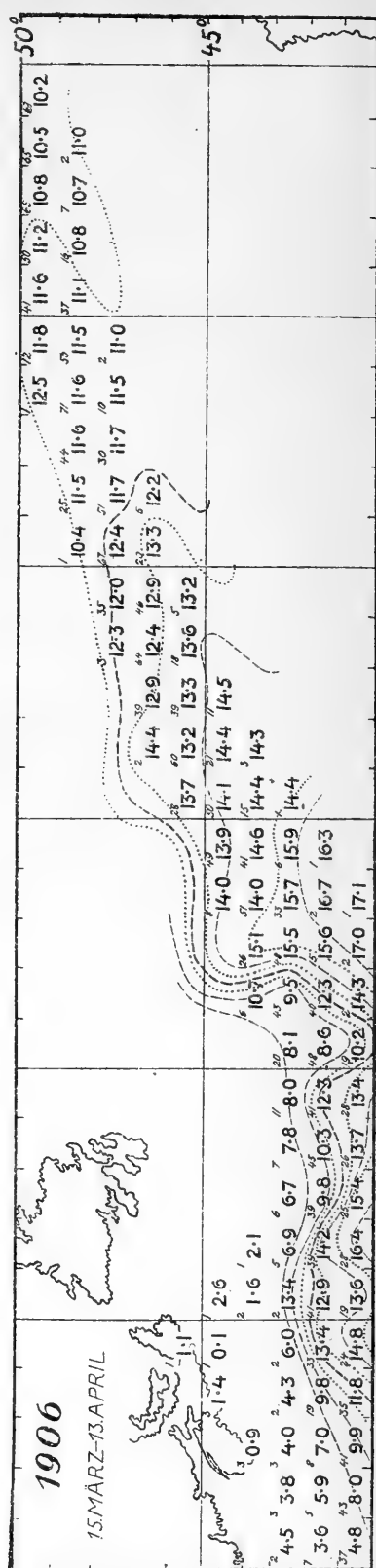
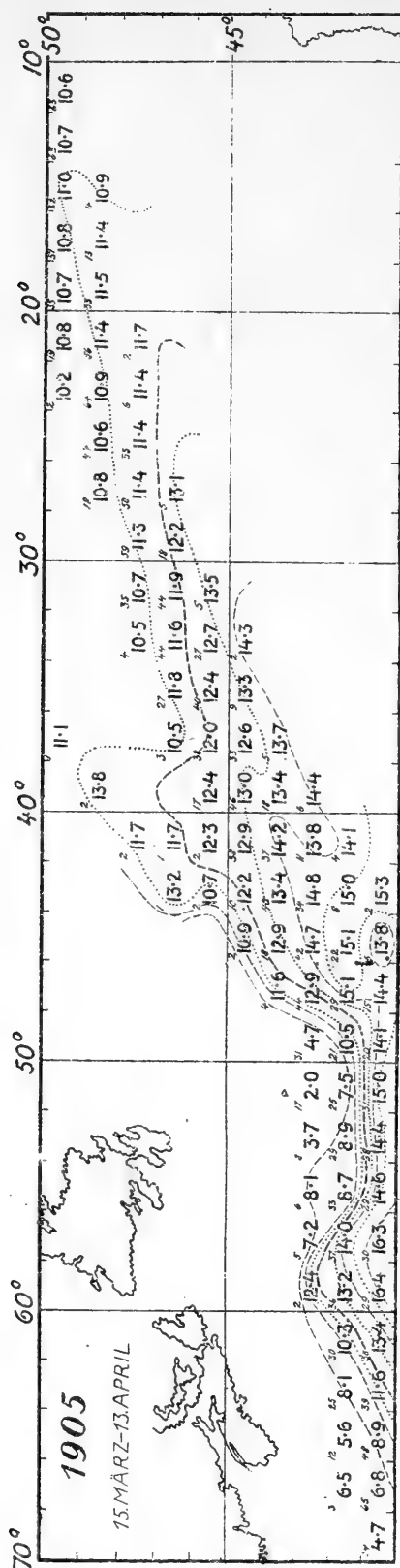


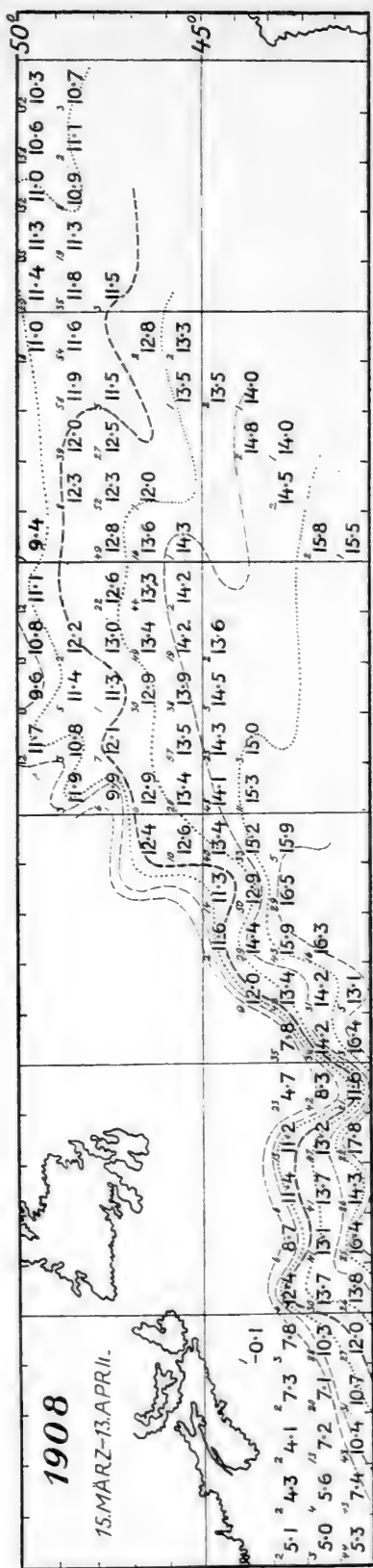
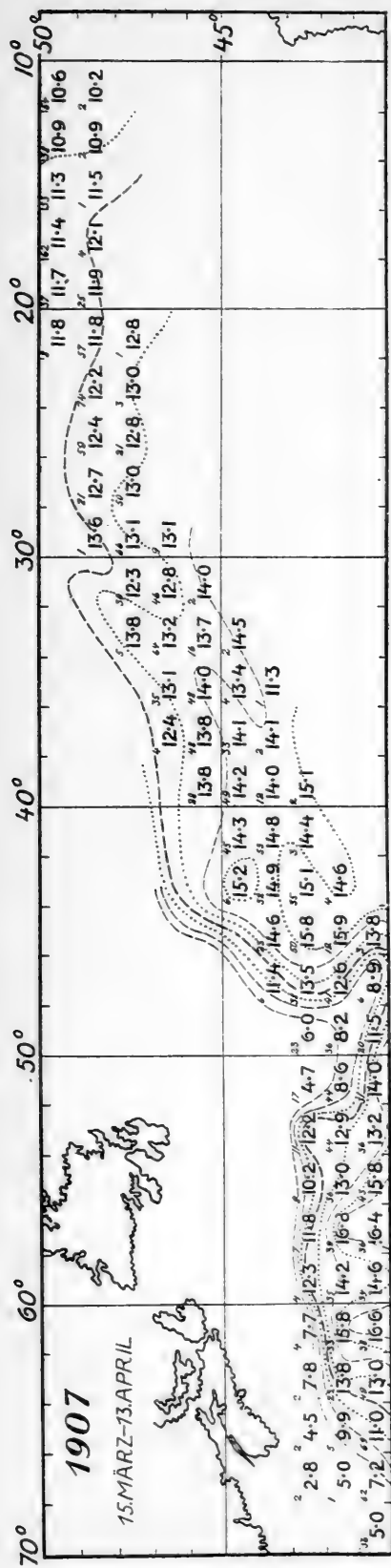


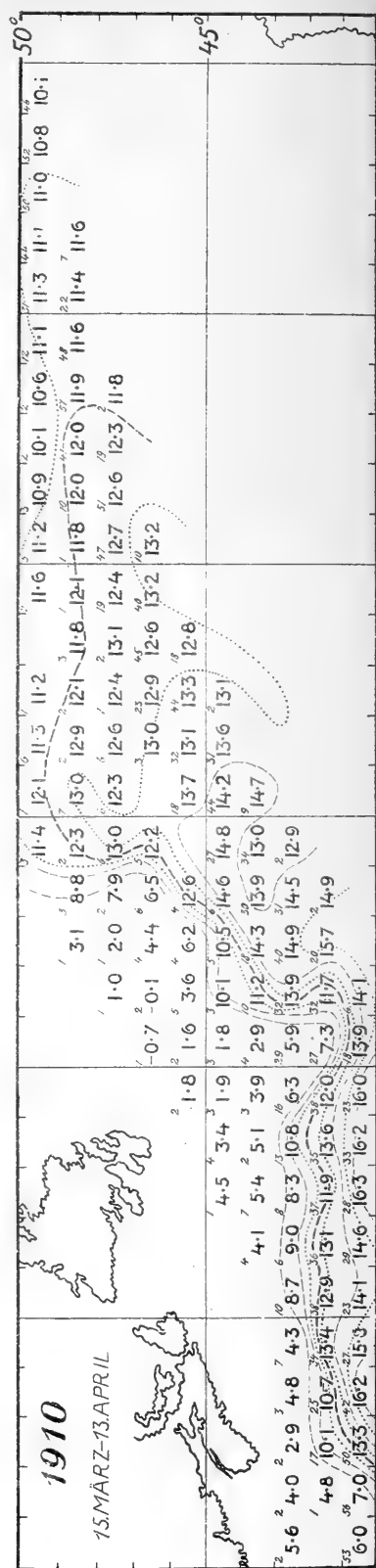
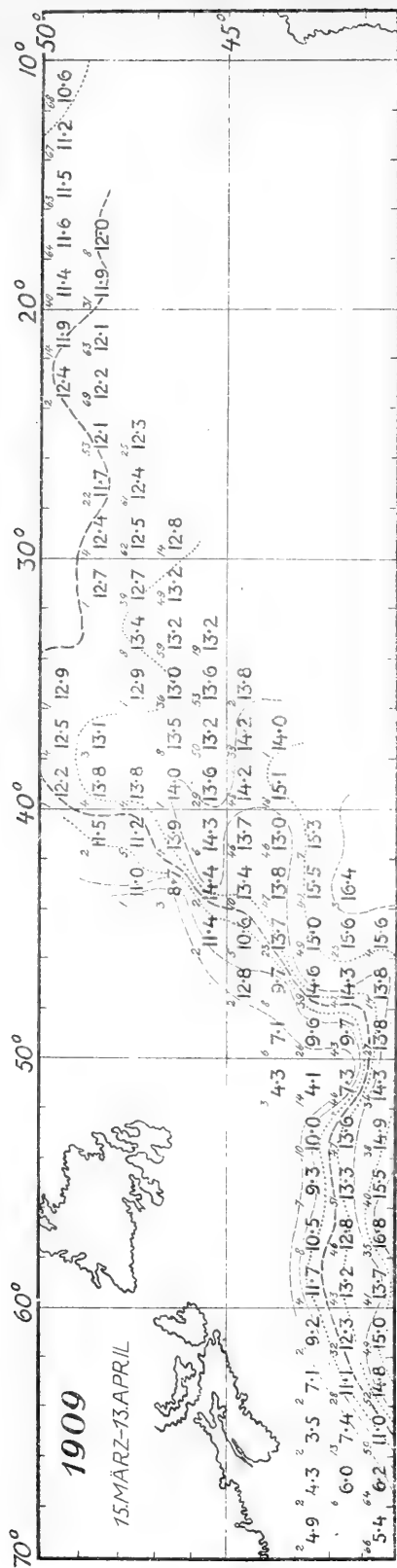


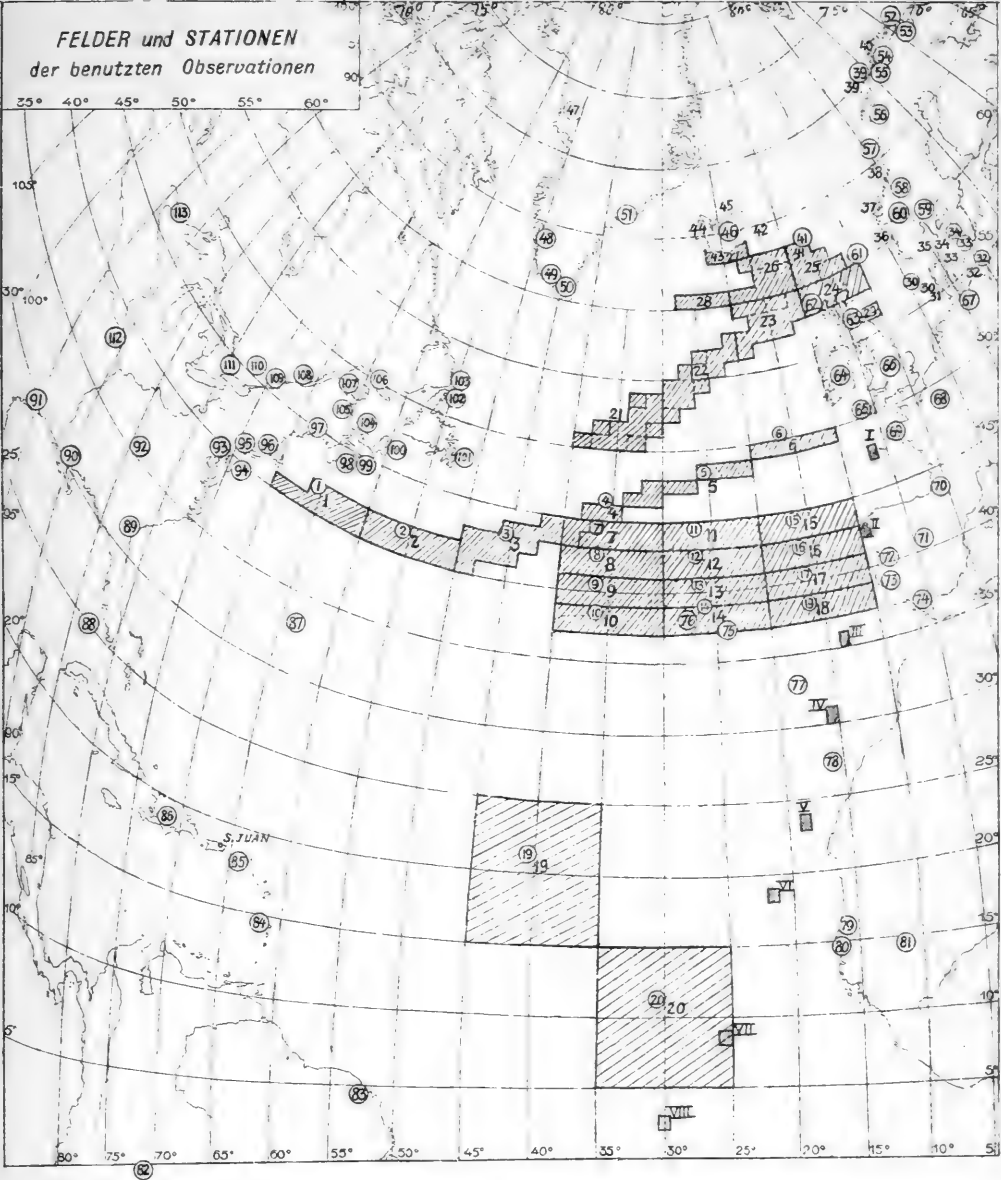






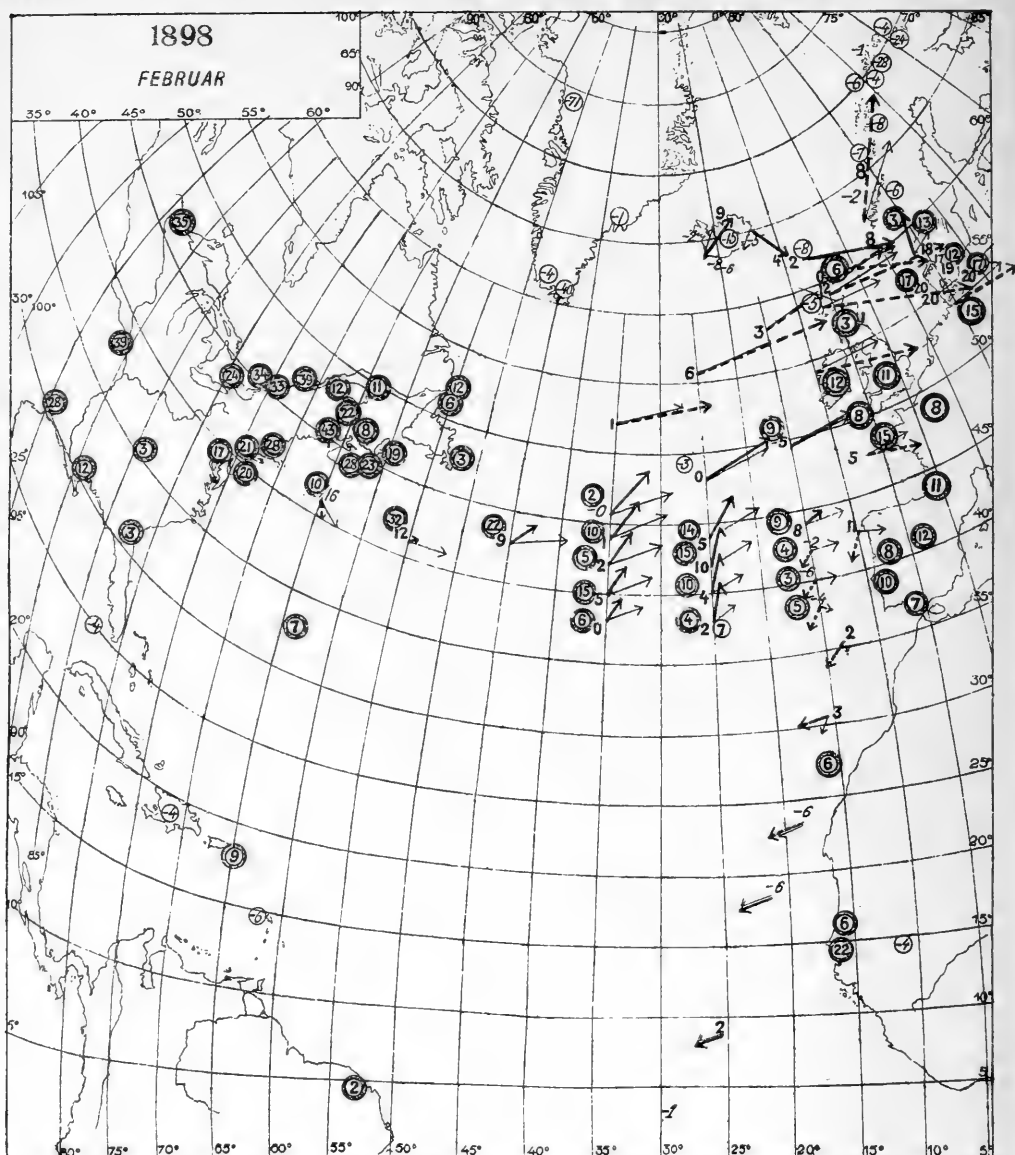




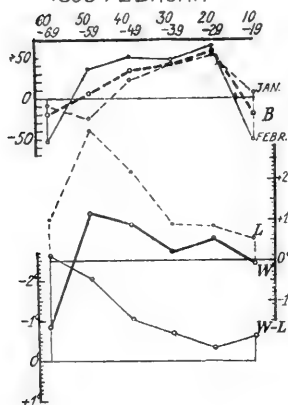


MITTEL = Temperaturen der Oberfläche der Vier = Längengrad =
FELDER für jede Dekade im Zeitraum 1900 - 1910.

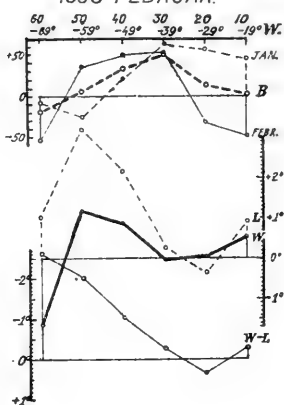
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	6.2	10.6	13.2	13.6	11.7	11.4	14.8	14.4	13.6	12.6	12.1	11.6	11.2	10.8	10.3
II	5.8	10.2	12.9	12.9	12.0	11.1	14.5	13.9	13.2	12.3	11.8	11.6	11.3	10.8	10.4
III	5.2	10.2	13.2	13.1	11.8	11.1	14.5	13.9	13.1	12.3	11.8	11.5	11.2	10.8	10.4
IV	5.9	11.1	13.3	13.3	12.2	11.0	14.4	13.5	12.9	12.0	11.8	11.4	11.0	10.7	10.2
V	6.2	10.3	13.5	13.6	12.2	10.7	14.5	13.8	13.3	12.4	12.0	11.5	11.3	10.8	10.4
VI	7.0	10.9	13.7	13.9	12.3	11.2	14.7	14.0	13.6	12.8	12.3	11.7	11.4	11.1	10.6



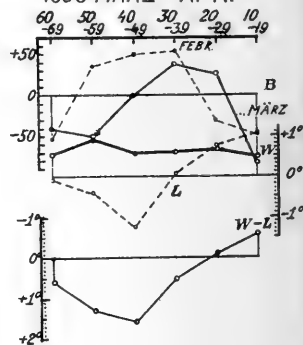
NEW YORK-PORTUGAL
1898 FEBRUAR

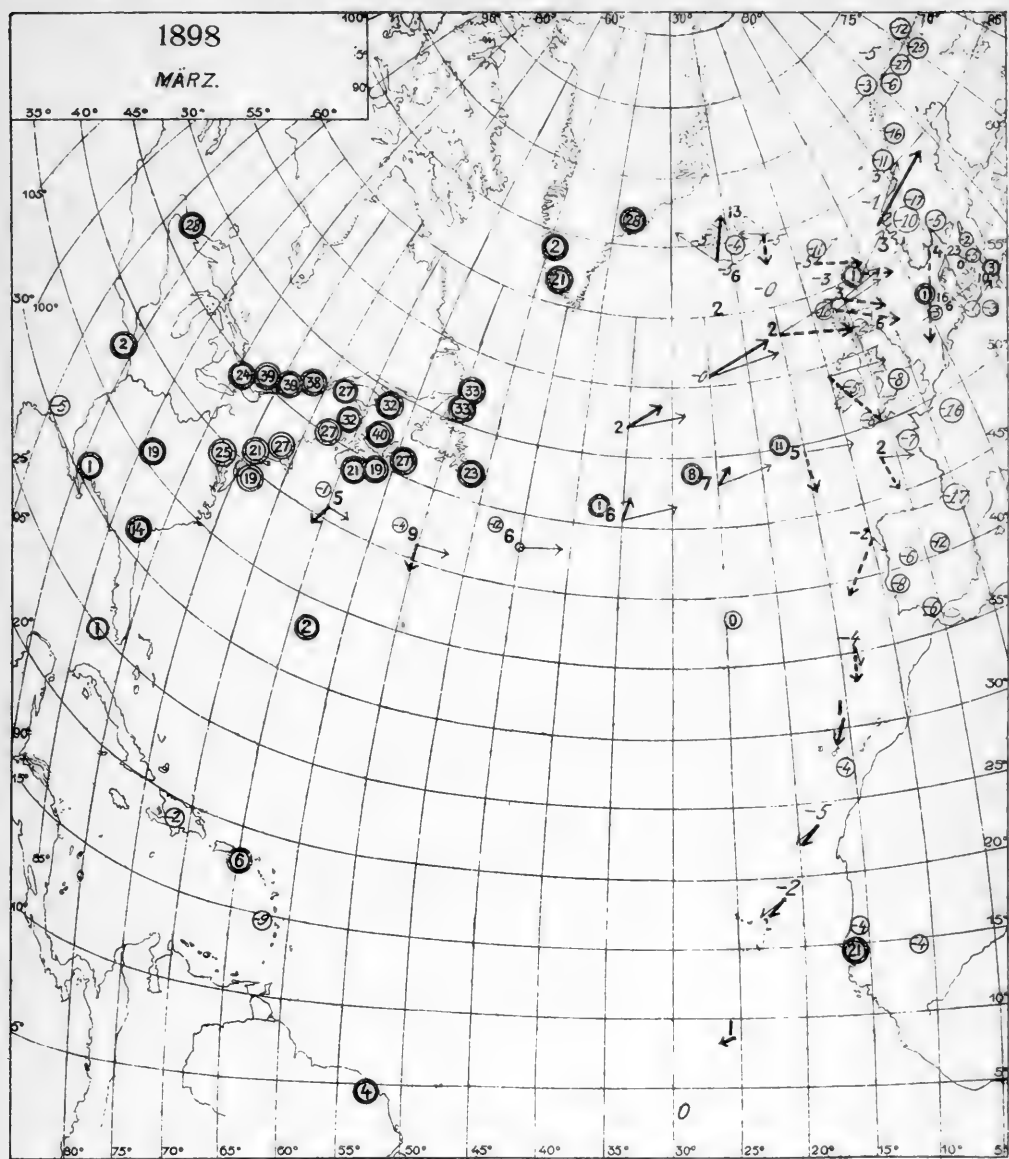


NEW YORK-KANAL
1898 FEBRUAR

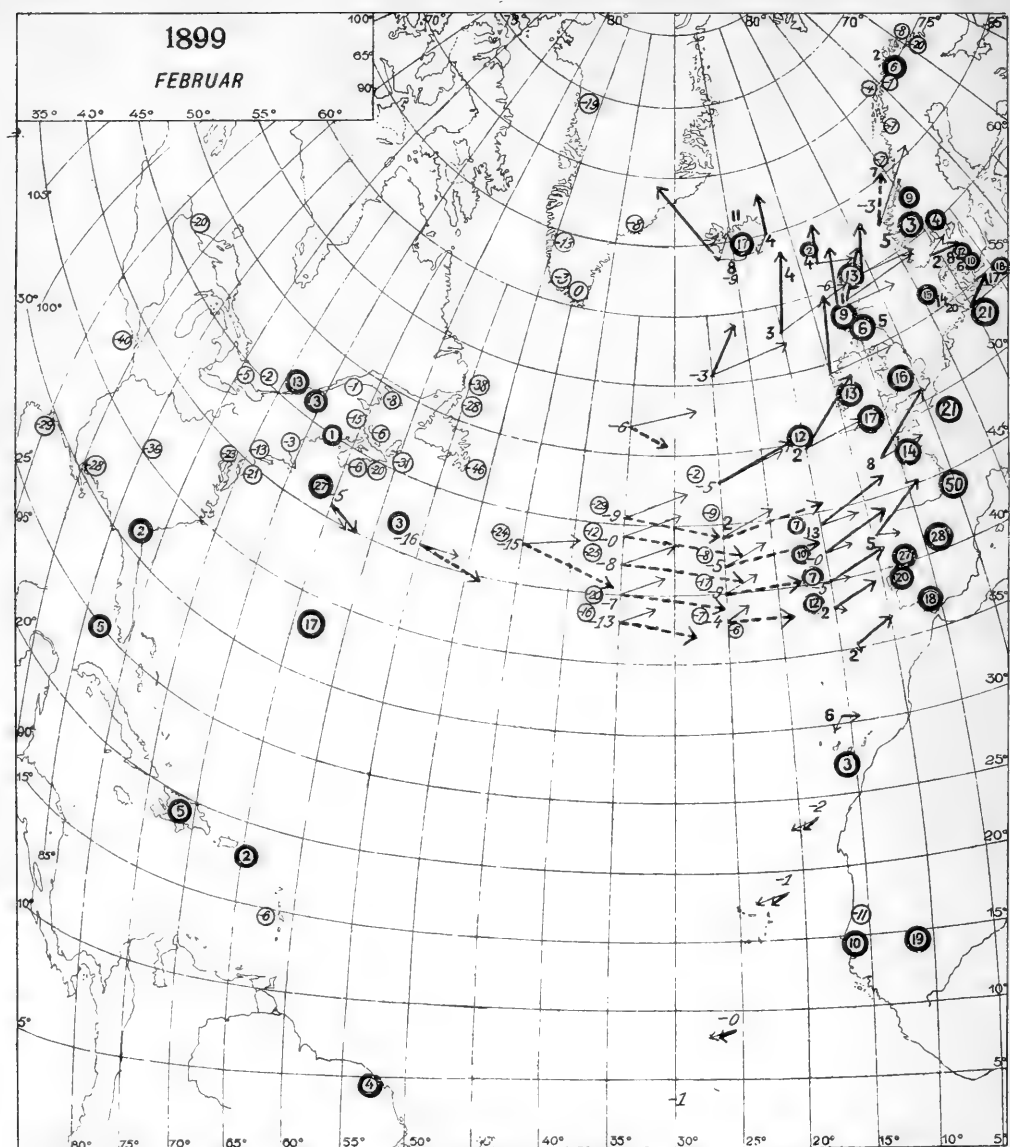


NEW YORK-KANAL
1898 MÄRZ-APR.

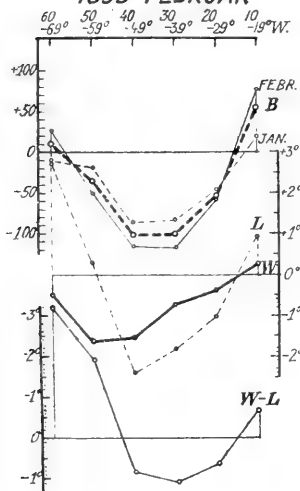


1898

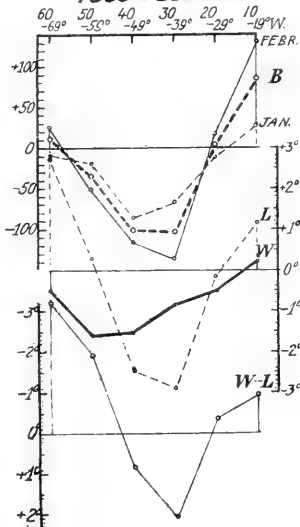
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	33	46	2	3	8		3	2	3		5	1	7	5	2
II	16	1	10	29							7	3	6	8	4
III	8	22	8	12						6		2	1	8	7
IV	7	13	15	7						17	8		5	3	5
V	11		2	15				4	8	6	8	4	3	2	6
VI	8	10	0	16					2	0	1	7	7	8	9



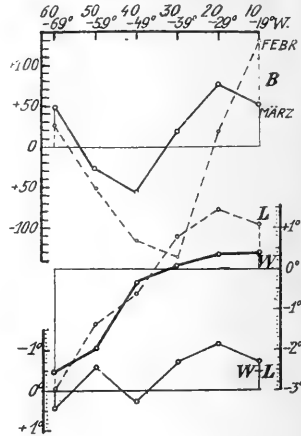
NEW YORK-PORTUGAL
1899 FEBRUAR

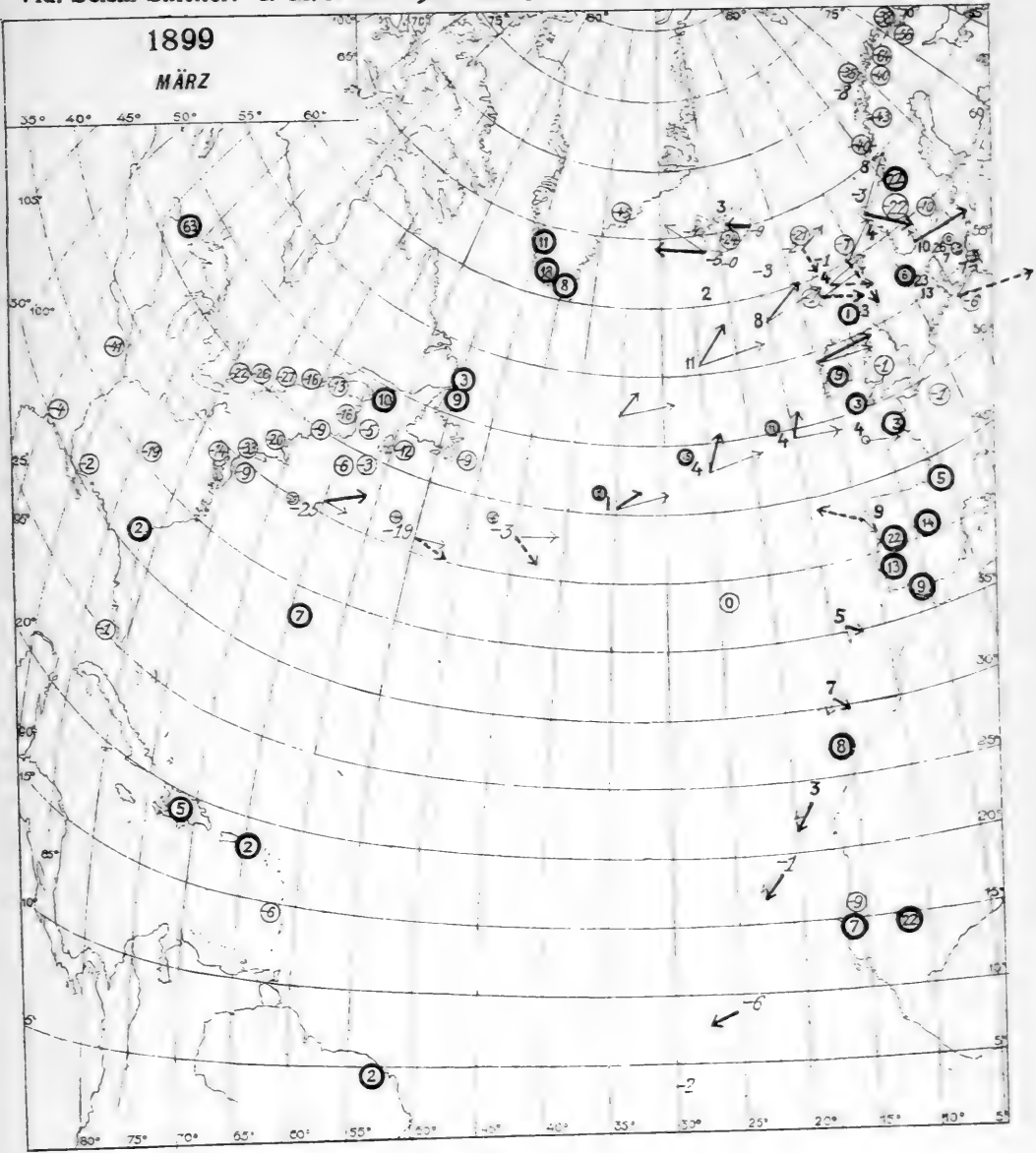


NEW YORK-KANAL
1899 FEBRUAR



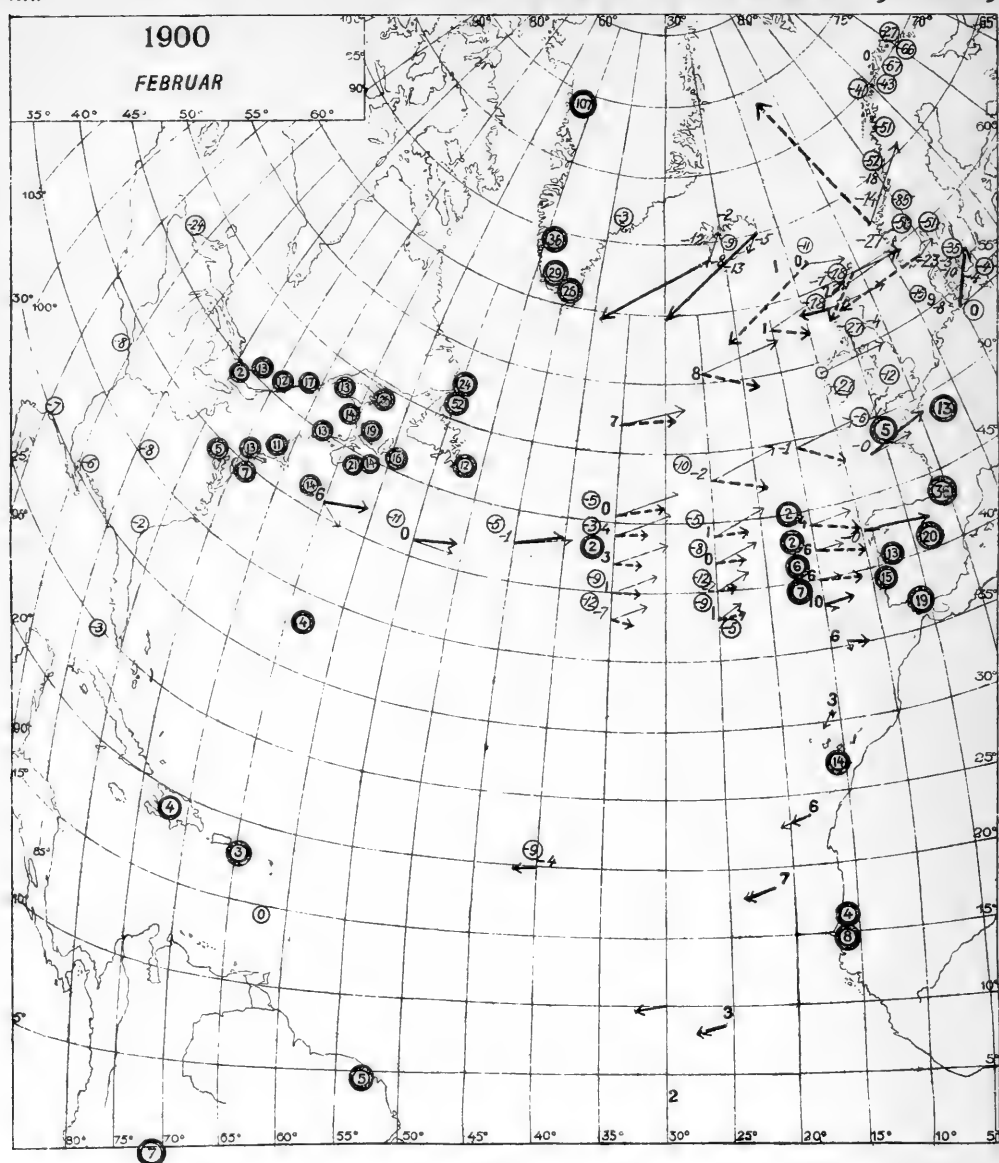
NEW YORK-KANAL
1899 MÄRZ-APR.



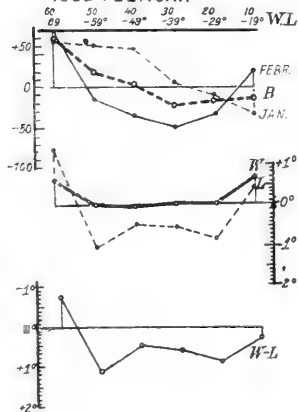


1899

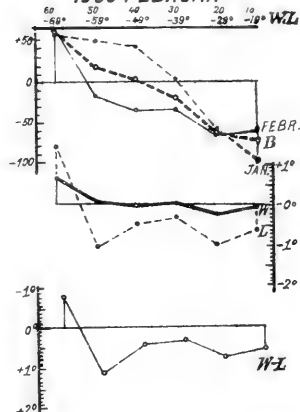
	70-65°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	34	24						27	16	7	5	6	1	2	4
II	5	2	15	11	20	18	7	8		11	8	13	4	3	4
III	3	11	5	0	12	24	8	7	3	7	2	5	2	3	1
IV	4		35	15	15	13	5	5	1	4	0	10	1	1	4
V	20		32		3	7		9	0	3	7	9	7	5	
VI	9	26	26	29	5	2	4	0	1	5	5	5	0	2	



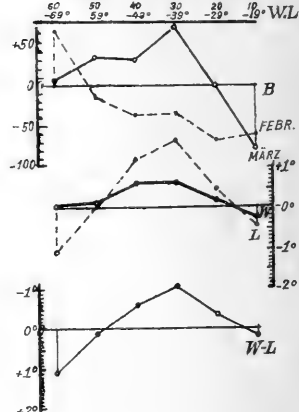
NEW YORK-PORTUGAL
1900 FEBRUAR

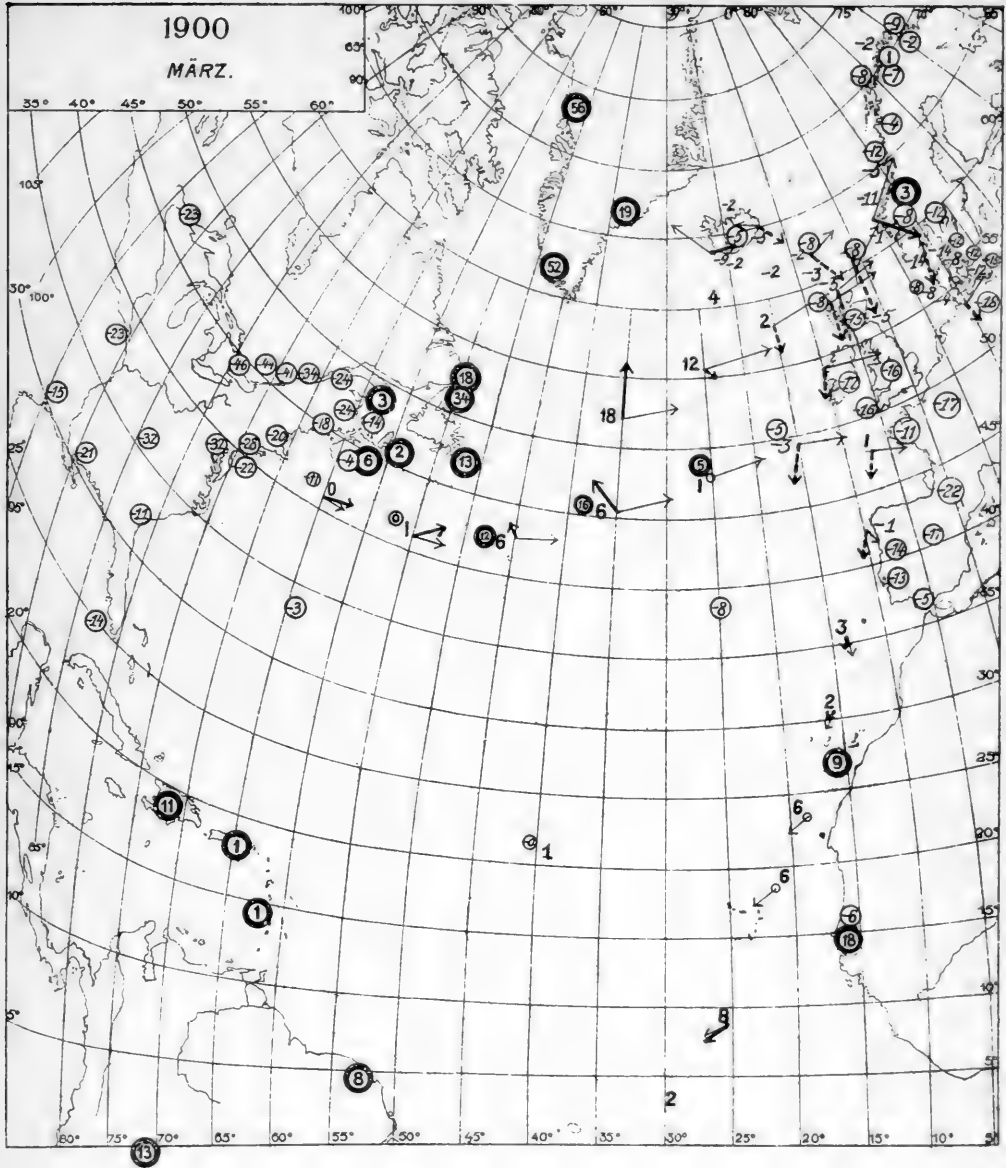


NEW YORK-KANAL
1900 FEBRUAR



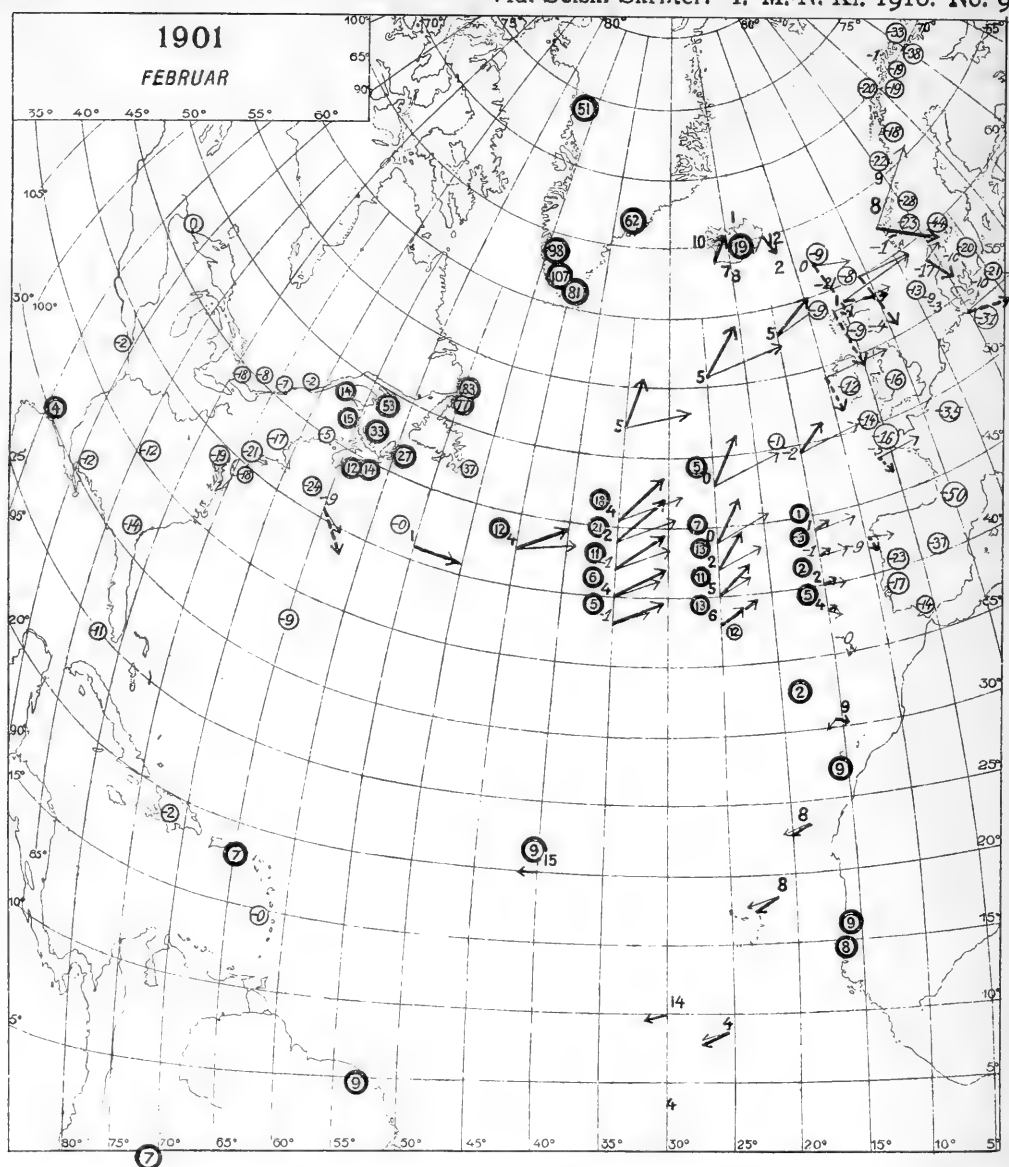
NEW YORK-KANAL
1900 MÄRZ-APR.



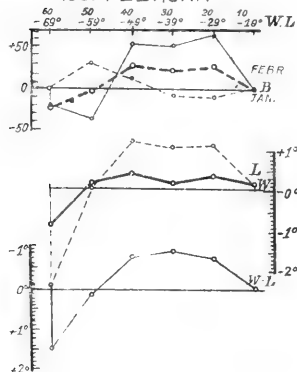


1900

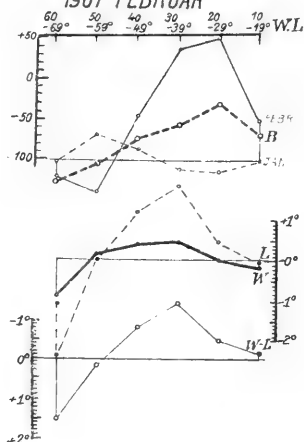
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	7	23	10	8	10	7	0	2	3	4	6	2	3	3	0
II	32	9	9	6	12	4	12	3	3	6	5	2	2	0	1
III	16	5	9	3	17	9	7	3	3	2	2	4	1	1	1
IV	48	15	11	18	0	0	9	10	7	3	5	3	4	5	0
V	6	16	5	5	6	9	7	8	5	11	10	8	6	0	3
VI	10	7	11	10	14	1	2	6	3	8	8	4	11	1	1



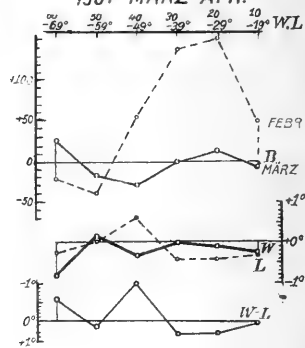
NEW YORK-PORTUSAL
1901 FEBRUAR

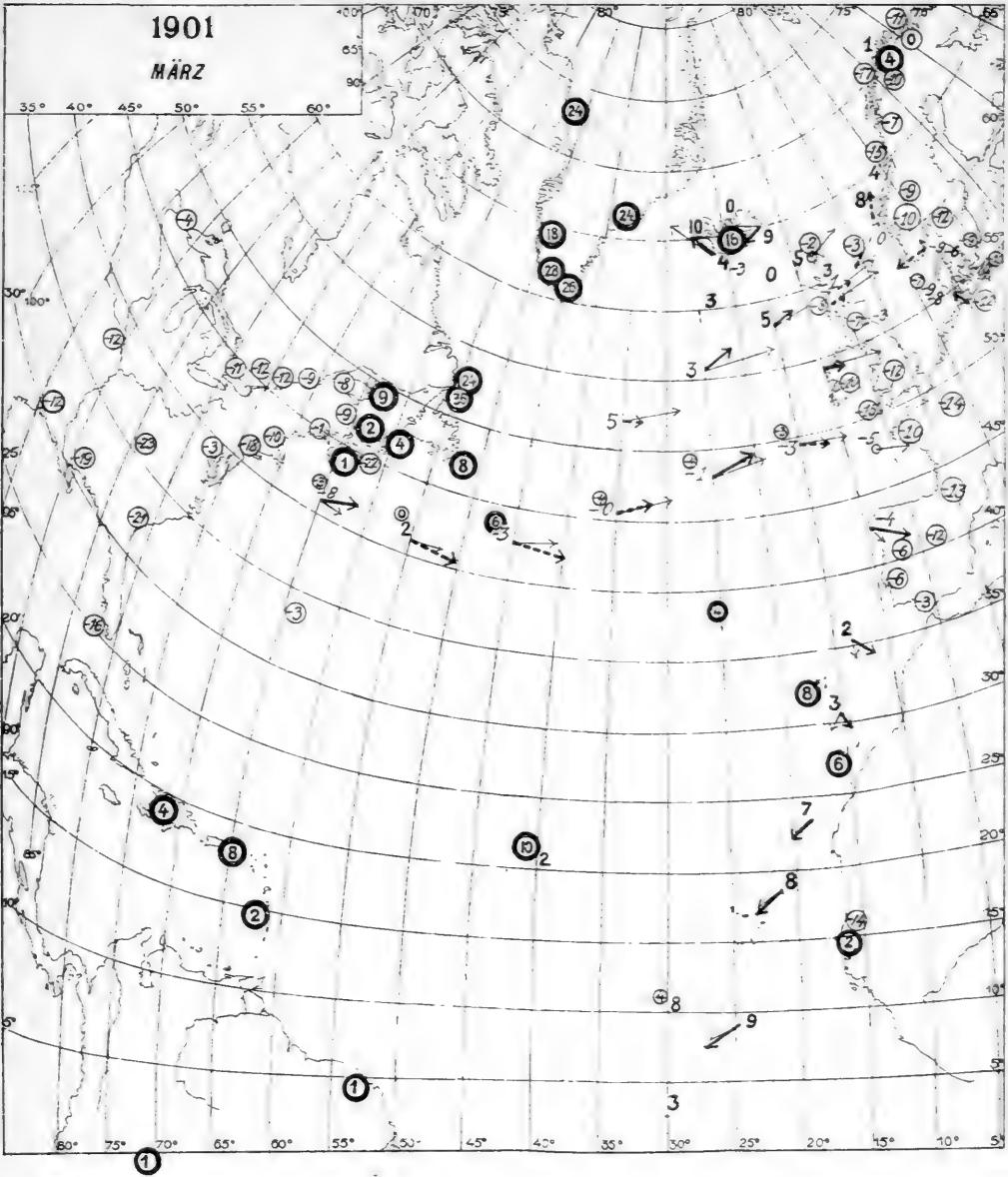


NEW YORK-KANAL
1901 FEBRUAR



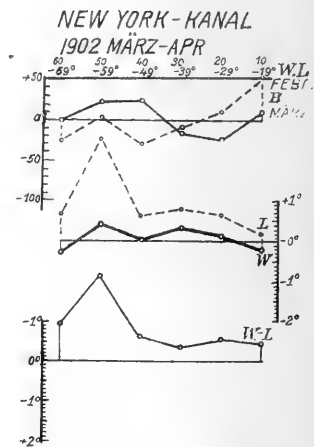
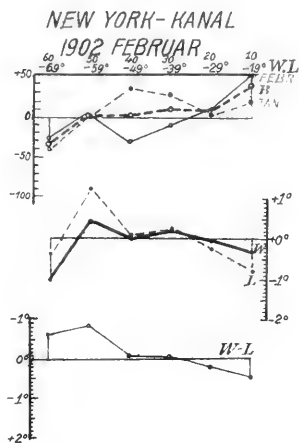
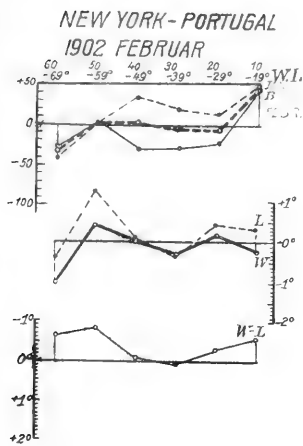
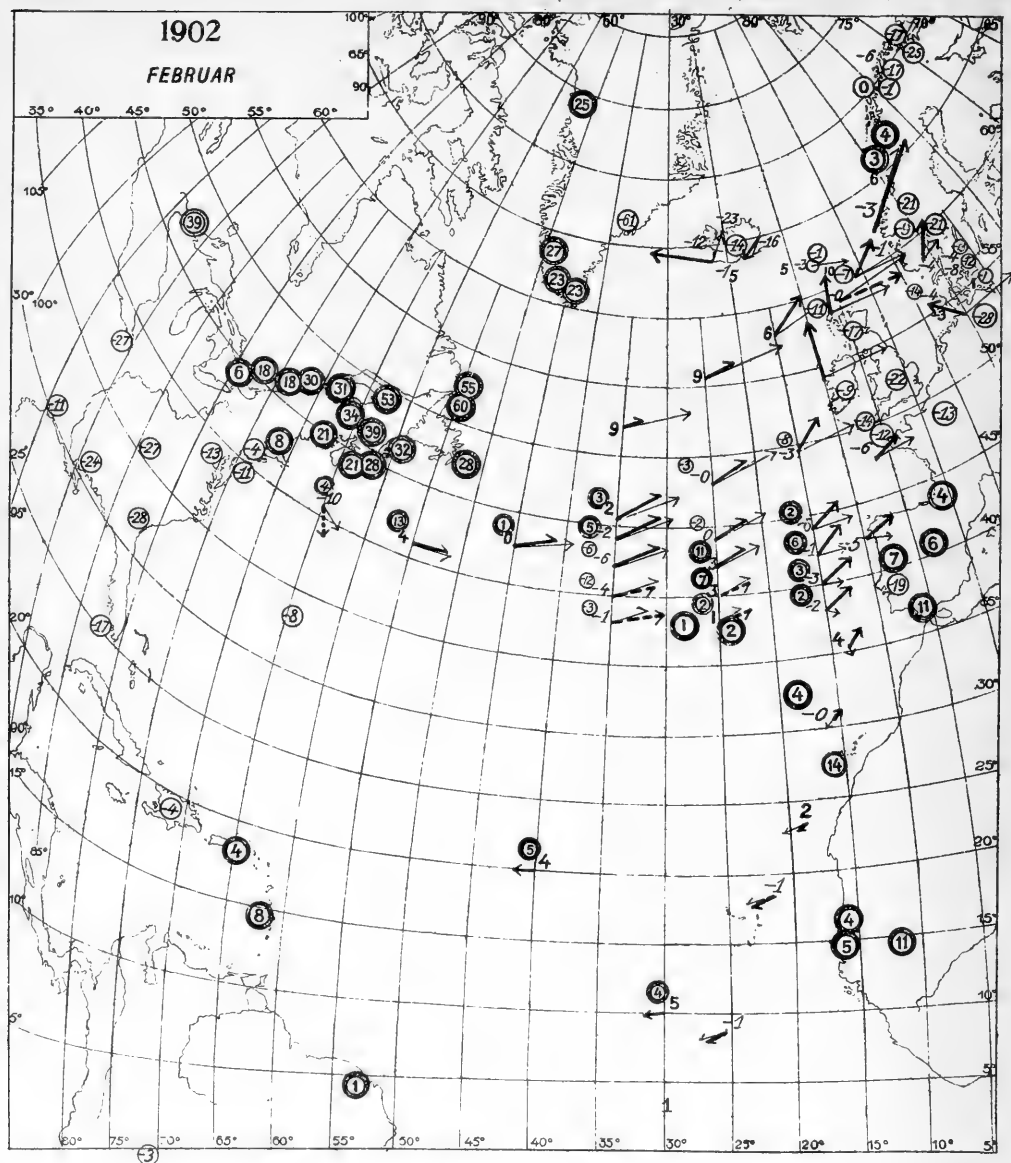
NEW YORK-KANAL
1901 MÄRZ-APR.

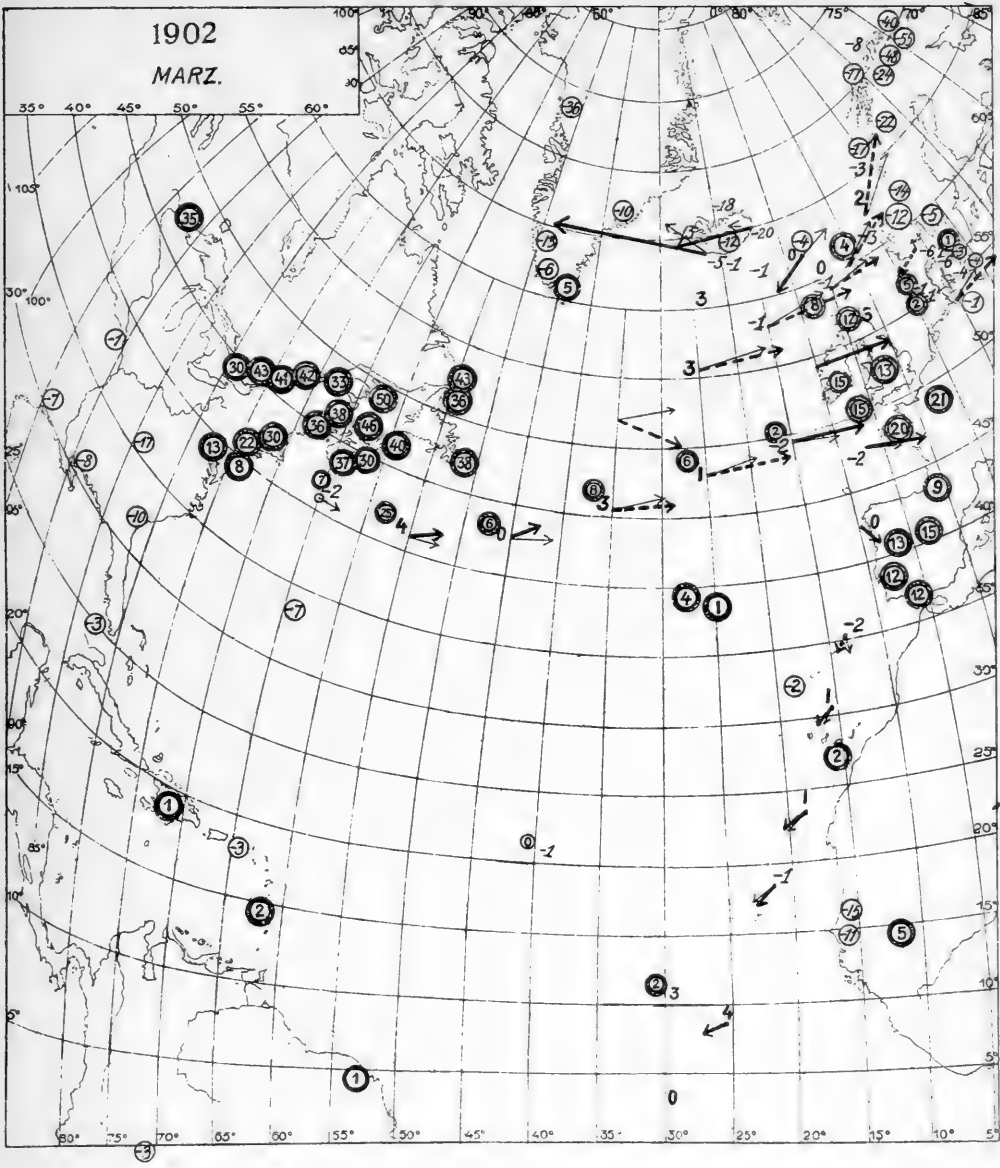




1901

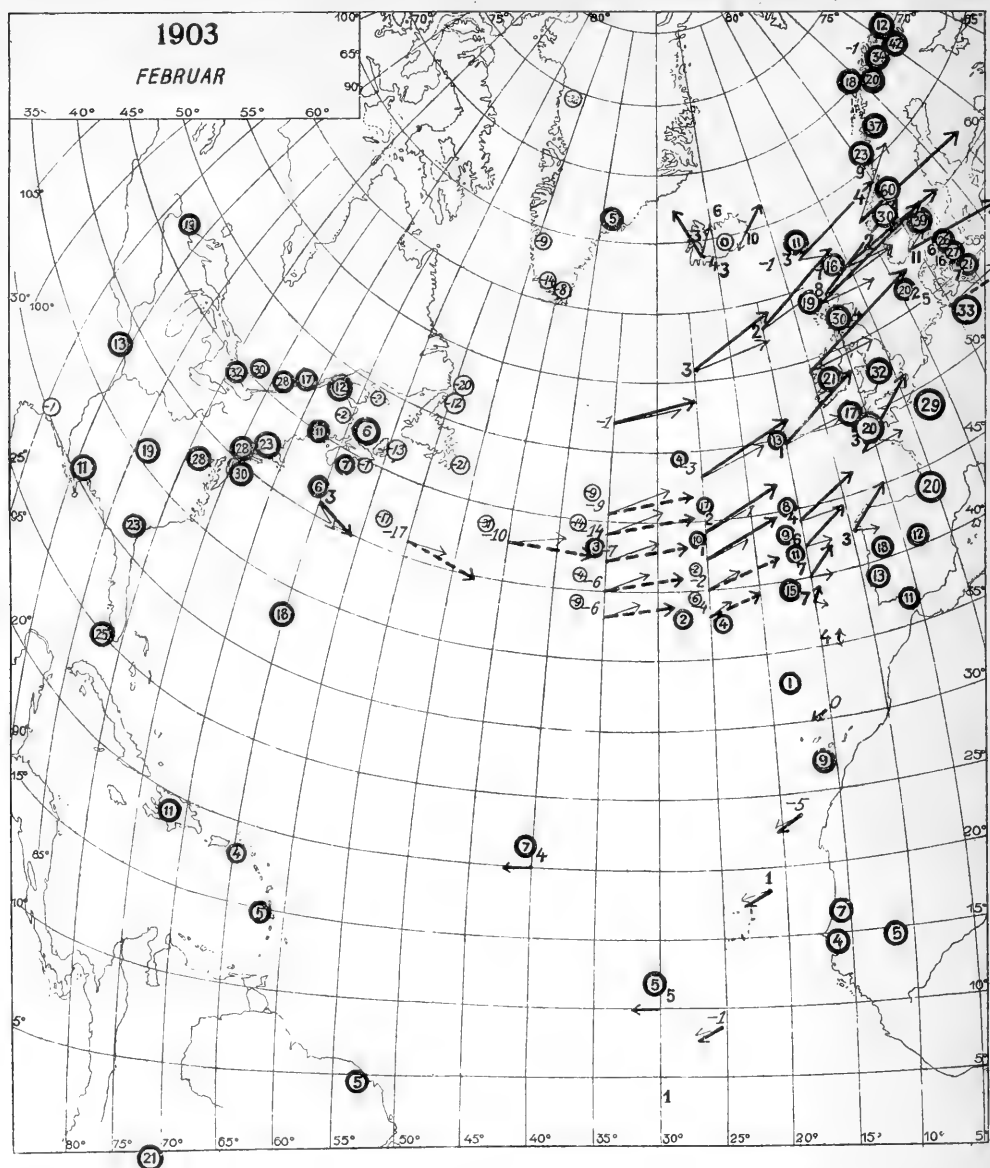
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	21	11	6	4	13	4	0	5	2	2	2	2	3	4	6
II	18	15	8	7	6	0	9	12	9	4	4	2	2	3	5
III	10	15	2	3	6	1	2	7	4	4	5	2	3	2	4
IV	6	28	4	3	9	19	4	1	2	0	4	0	2	2	9
V	11	21	6	7	9	22	19	2	2	4	5	0	6	6	7
VI	7	0	1	7	25	15	3	2	2	5	5	3	4	5	2



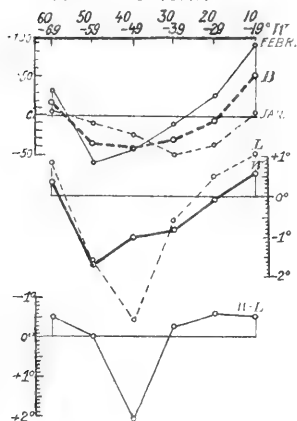


1902

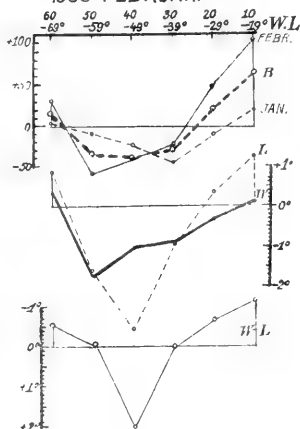
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	9	26	13	7	14	1	6	10	7	1	5	2	5	2	9
II	16	7	3	11	19	10	2	1	0	5	5	6	5	3	5
III	7	4	5	7	22	1	2	2	1	6	2	4	1	0	2
IV	5	8	5	12	14	3	2	5	5	0	2	3	4		1
V	9	12	7	18	16	5	3	6	5	9	1	5	2	0	0
VI	15	17	2	3	15	8	1	2	3	2	1	1	4	3	3



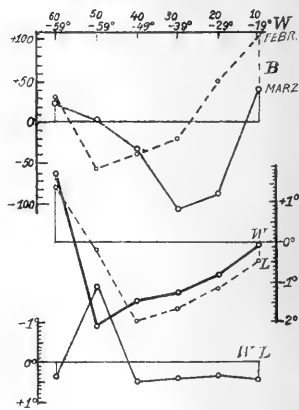
NEW YORK - PORTUGAL
1903 FEBRUAR

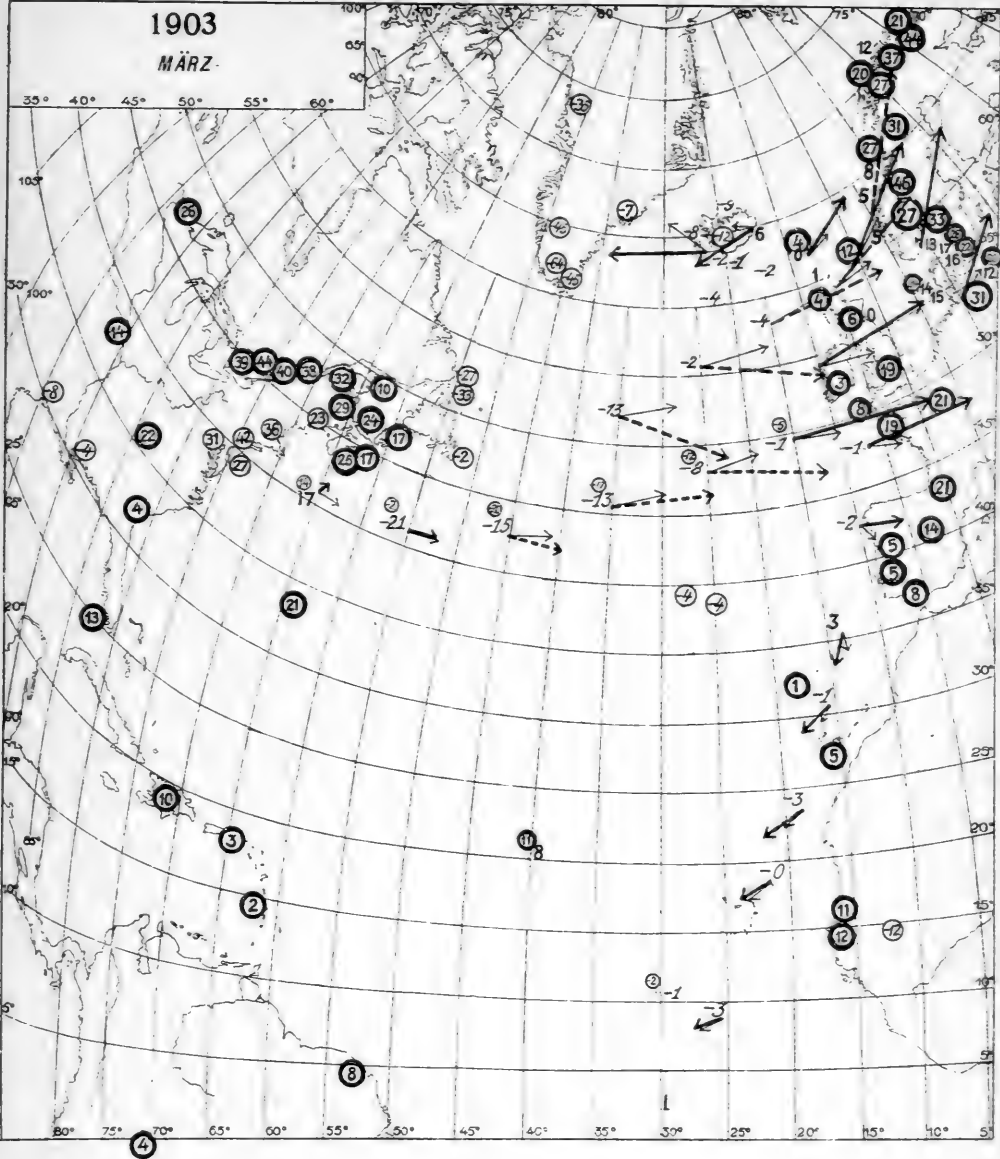


NEW YORK - KANAL
1903 FEBRUAR.



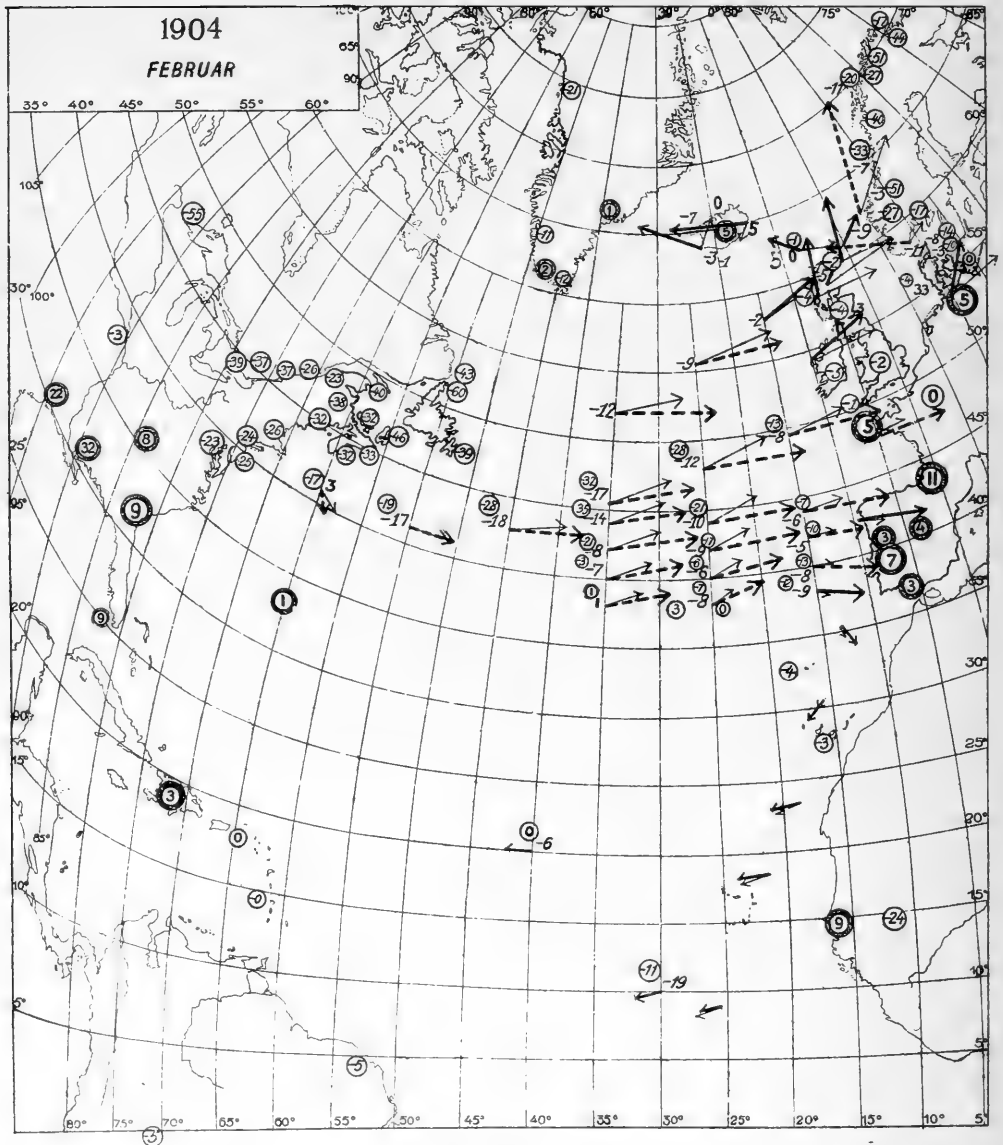
NEW YORK - KANAL
1903 MÄRZ - APR.



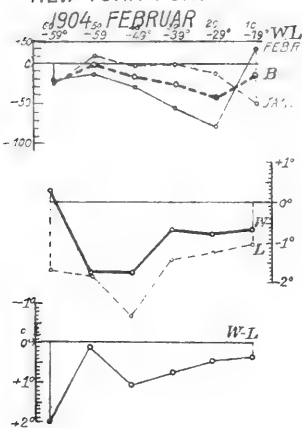
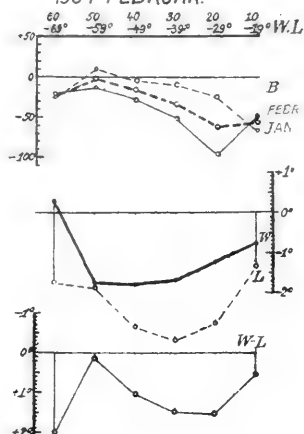
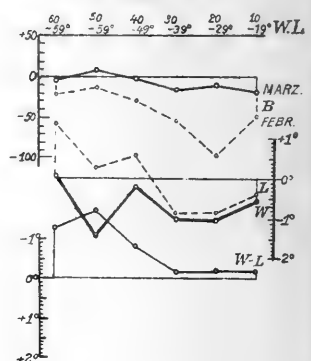


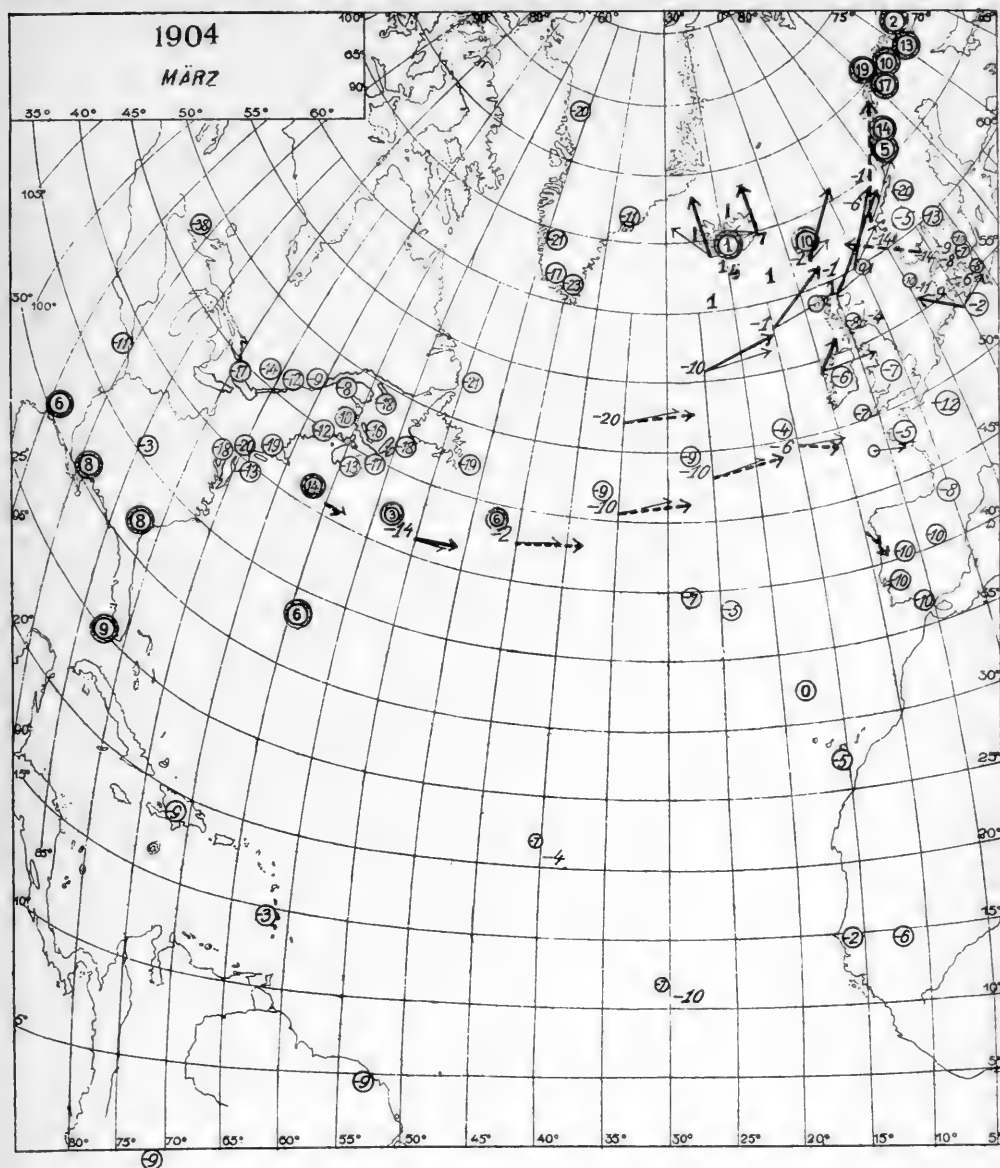
1903

	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	4	15	6	5	29	17	19	11	7	9	5	1	0	0	2
II	6	2	11	4	3	6	15	12	8	7	2	1	5	5	5
III	6	16	13	12	21	20	22	17	11	7	15	5	4	0	1
IV	6	23	16	3	4	3	18	11	16	13	11	8	6	7	2
V	35	16	5	22	31	20	14	18	13	15	12	10	3	5	5
VI	28	1	5	21	-33	-16	18	-7	8	11	9	5	3	0	0



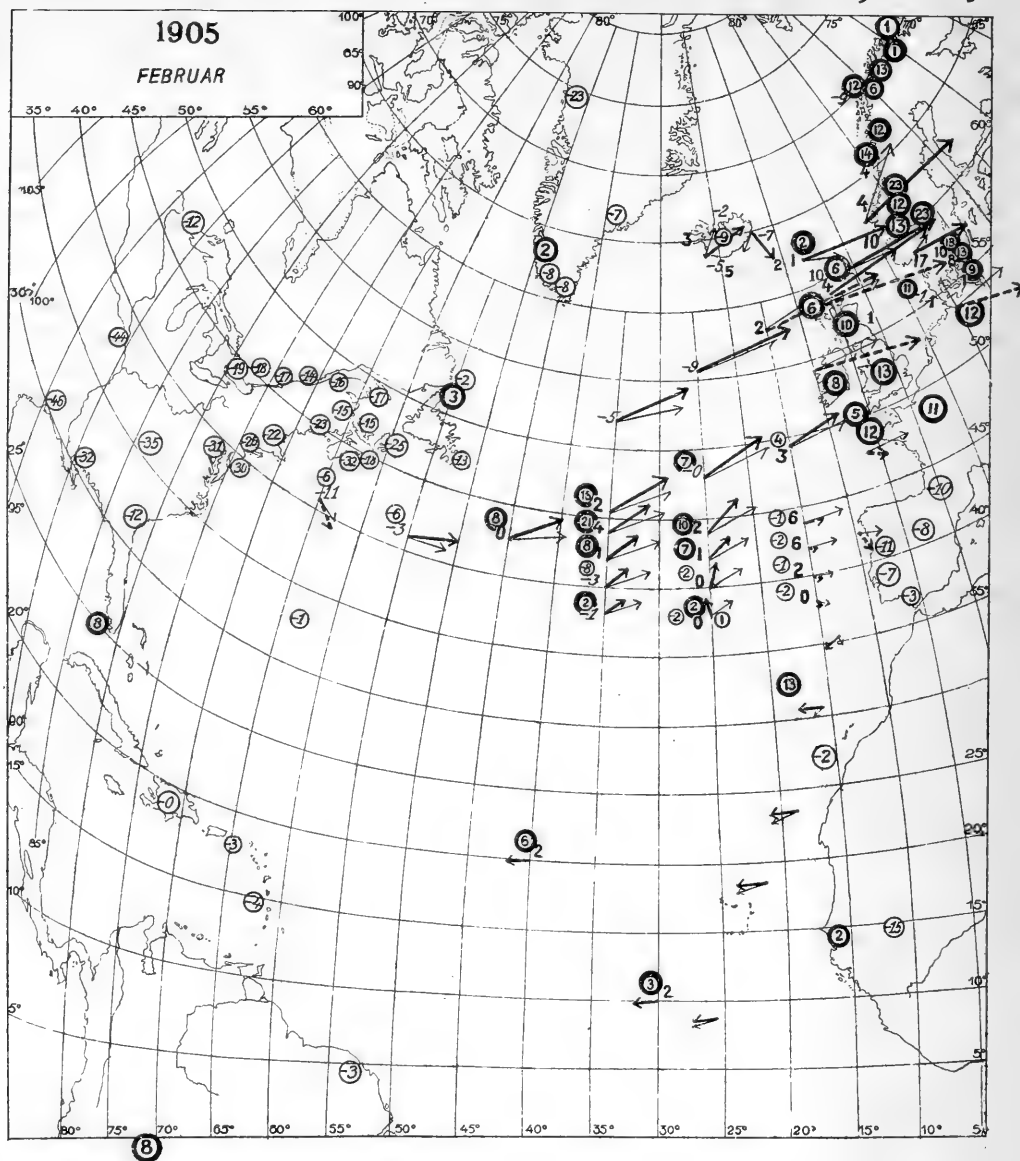
NEW YORK PORTUGAL

NEW YORK-KANAL
1904 FEBRUAR.NEW YORK-KANAL
1904 MÄRZ-APR.

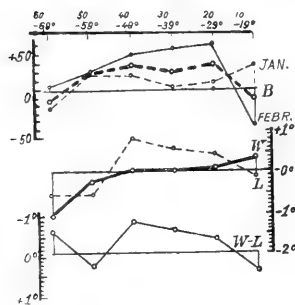


1904

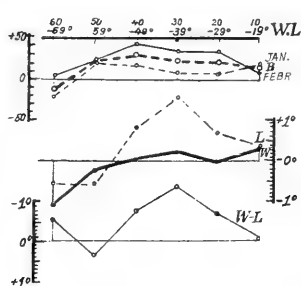
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	7	4	8	1	8	20	2	22	13	17	12	23	14	14	10
II	17	4	17	25	19	22	20	15	14	15	14	14	11	8	5
III	14	25	31	35	22	8	11	16	23	19	10	3	5	6	2
IV	24	5	10	36	4	4	9	18	7	15	8	6	4	2	2
V	18	20	24	14	0	7	1	12	13	15	13	14	12	6	7
VI	11	17	4	18	1	7	5	11	6	8	11	10	9	10	5



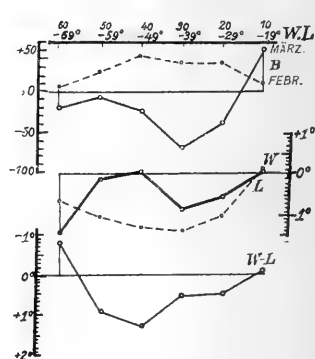
NEW YORK - PORTUGAL
1905 FEBRUAR.

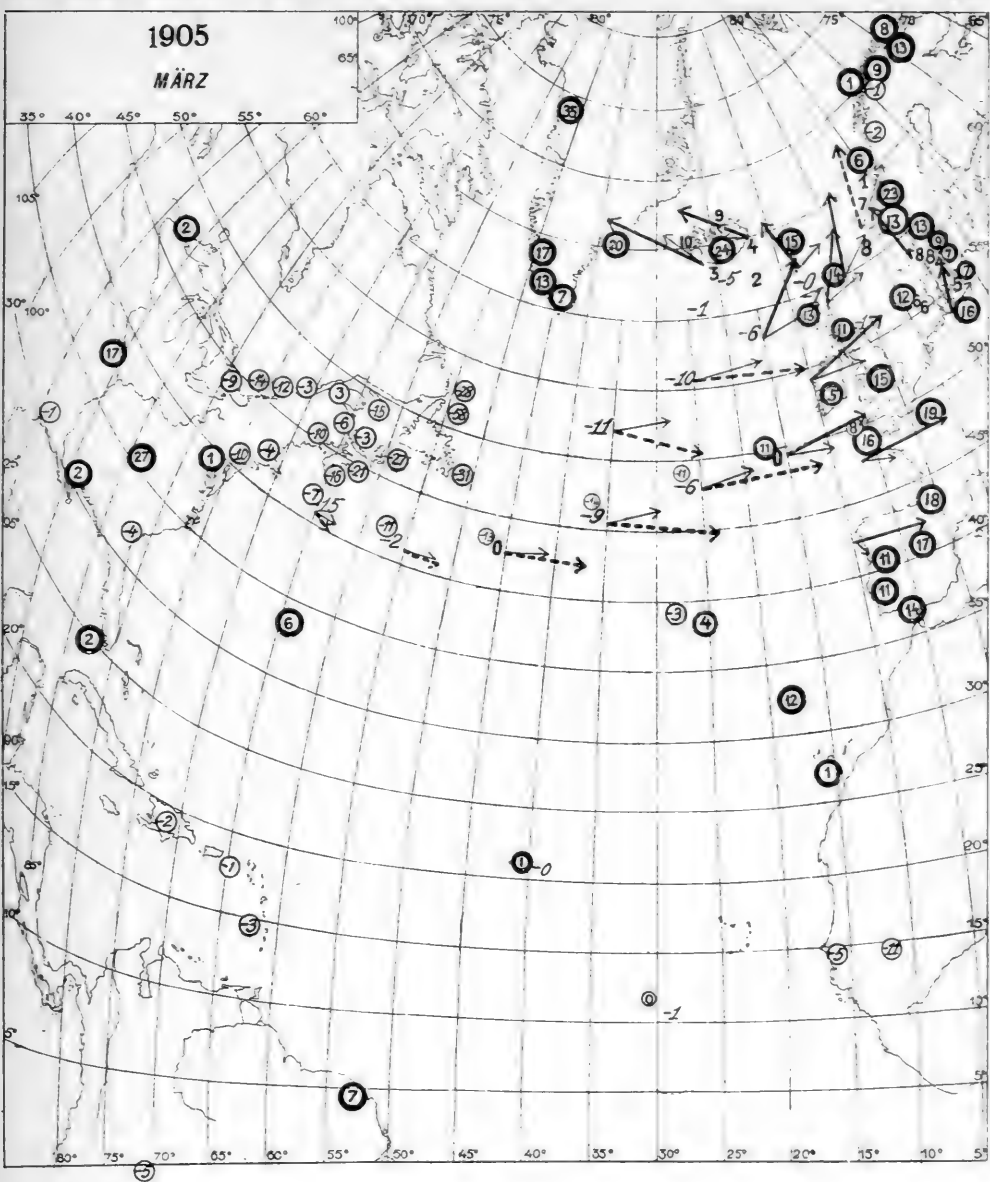


NEW YORK - KANAL
1905 FEBRUAR



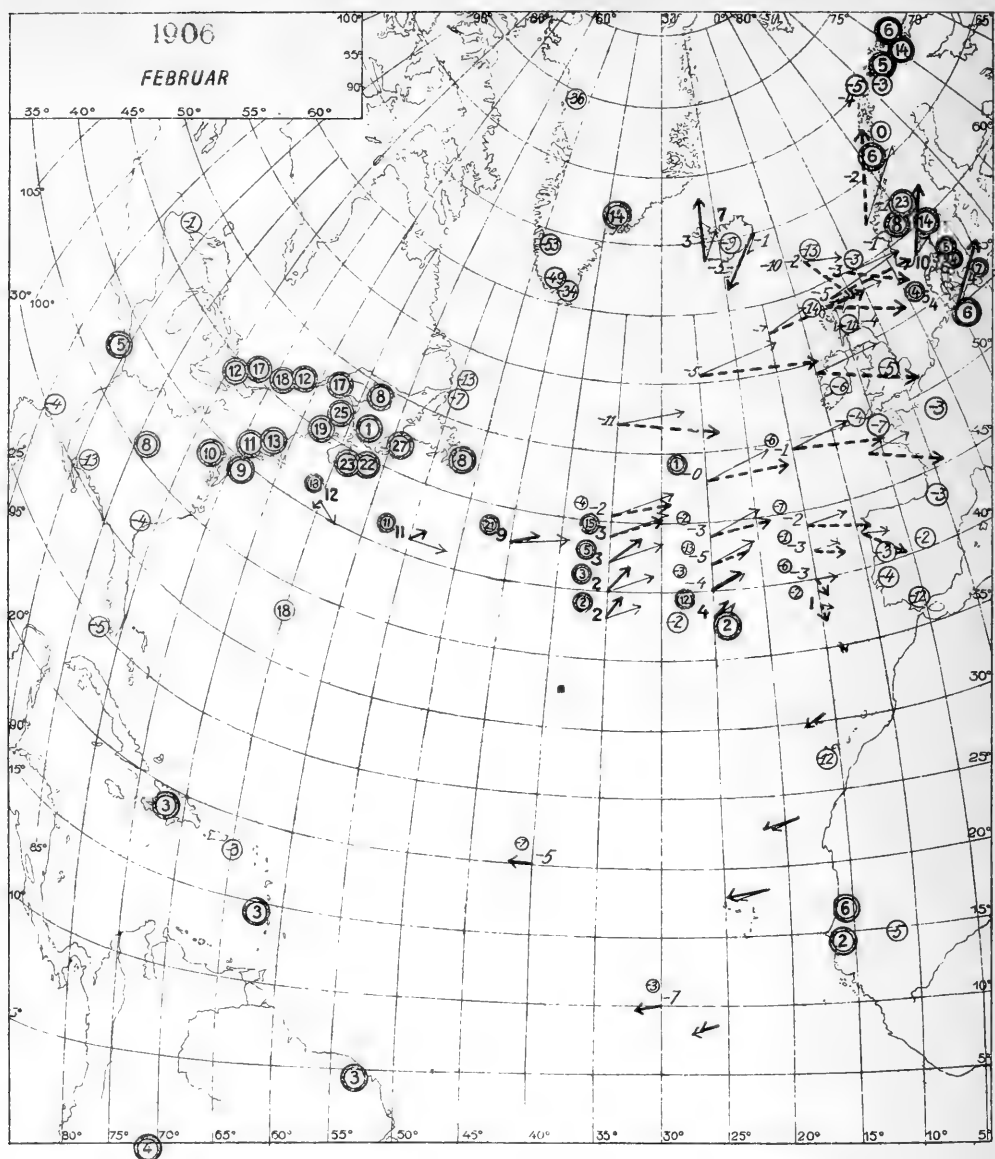
NEW YORK - KANAL
1905 MÄRZ - APR.



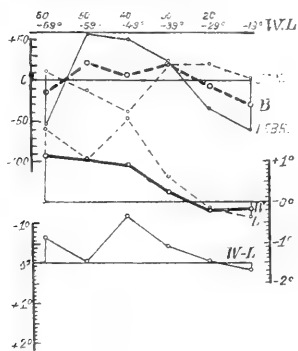


1905

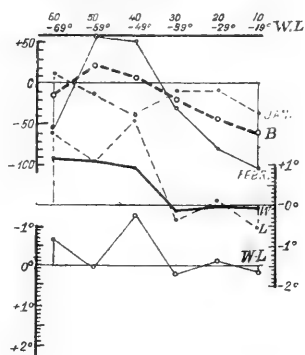
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	7	9	2	5	15	(5)	1	3	2	2	0	4	9	7	5
II	15	9	1	1	17	5	8	3	1	3	0	0	4	2	3
III	6	18	1	8	3	13	8	10	3	1	1	3	1	0	3
IV	14	29	11	7	8	0	6	9	15	11	8	12	5	3	1
V	0	15	1	2	7	7	2	2	7	9	8	7	1	0	1
VI	8	26	16	1	9	17	3	0	3	0	3	2	3	4	5



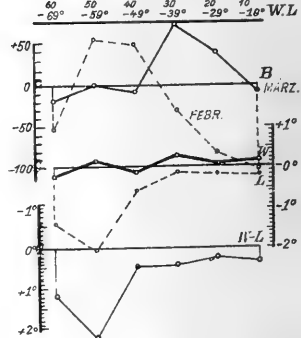
NEW YORK PORTUGAL
1906 FEBRUAR

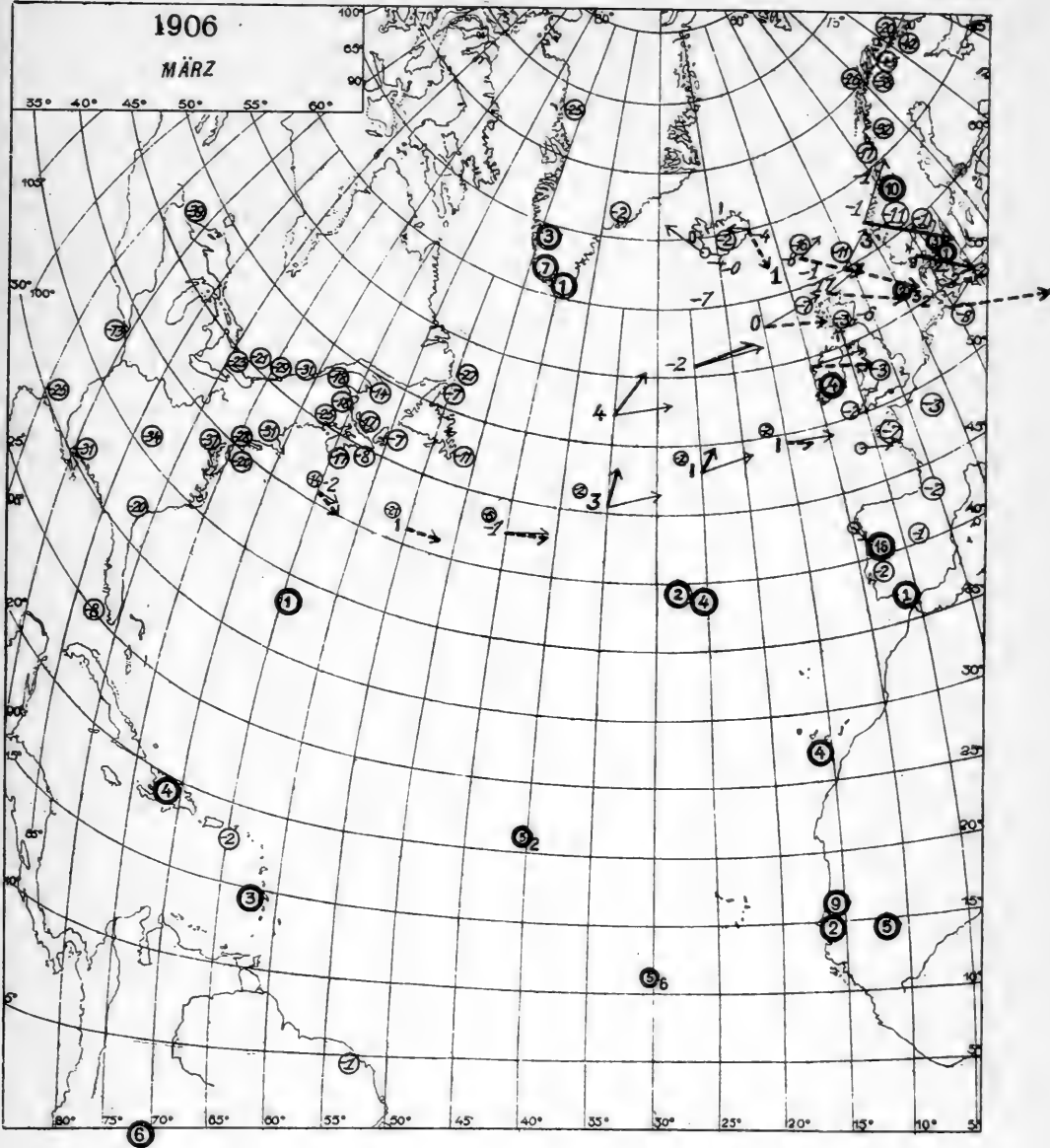


NEW YORK-KANAL
1906 FEBRUAR



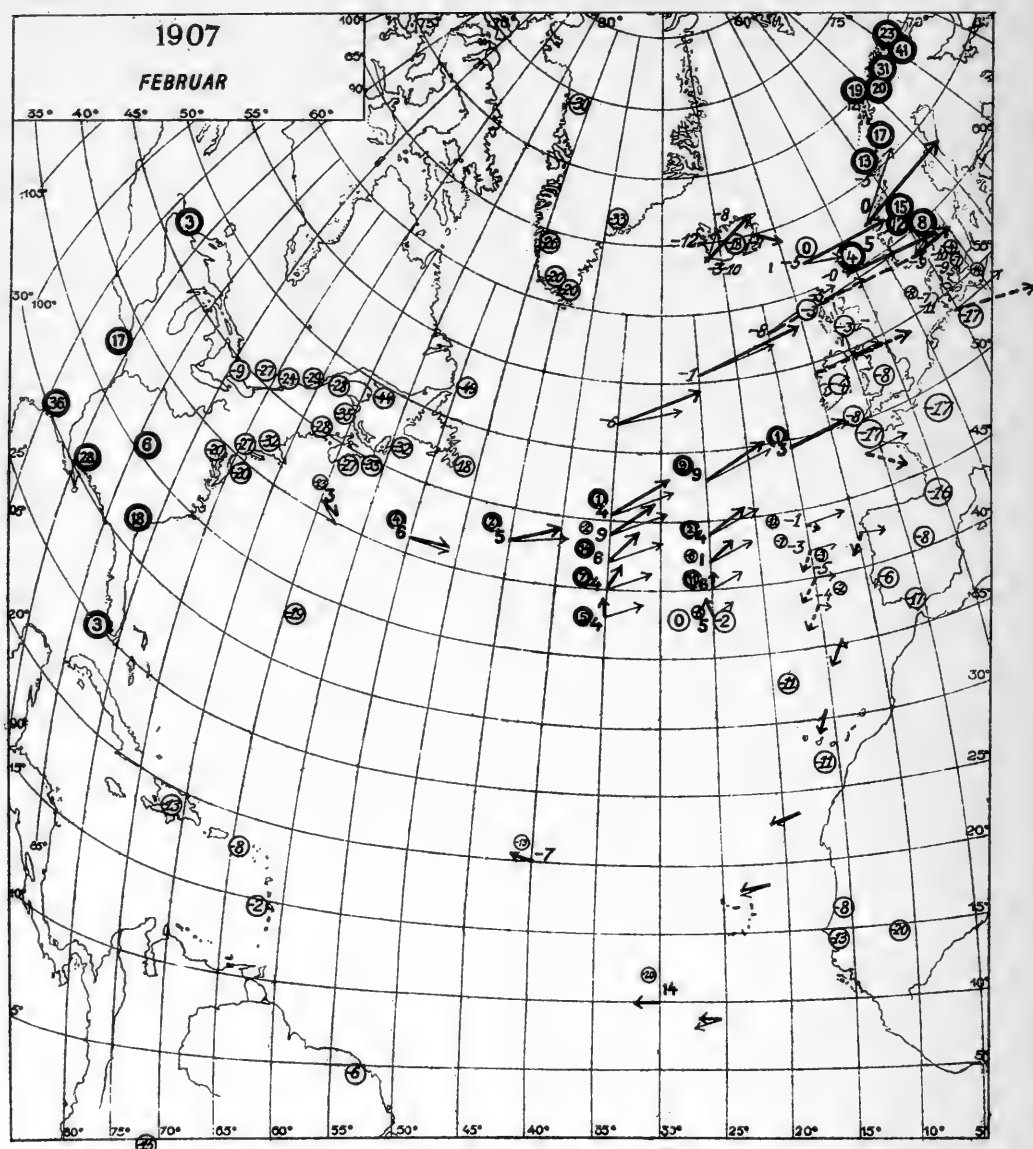
NEW YORK-KANAL
1906 MÄRZ-APR.



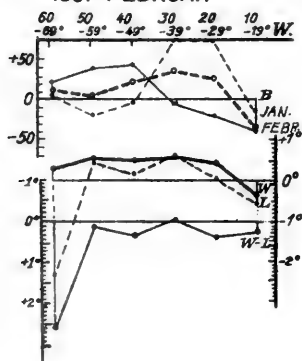


1906

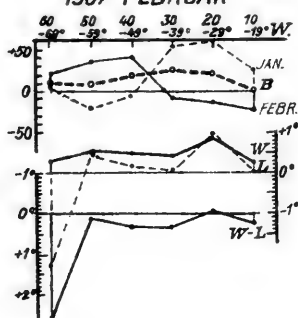
	70-60°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	26	7	17	(2)	10	10	17	10	2	0	0	4	1	5	5
II	18	8	14	9	2	8	8	6	7	13	5	5	3	5	4
III	19	3	22	16	14	12	14	4	5	3	1	2	0	0	2
IV	8	19	6	8	3	5	8	3	2	2	2	3	2	3	0
V	5	6	6	2	5	10	0	5	8	3	2	1	3	0	2
VI	10	4	3	3	0	15	9	5	2	0	2	1	4	3	2



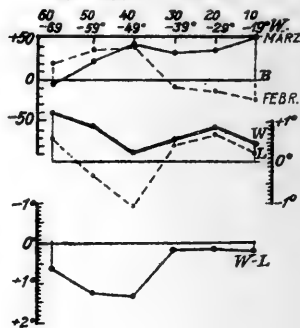
NEW YORK - PORTUGAL
1907 FEBRUAR

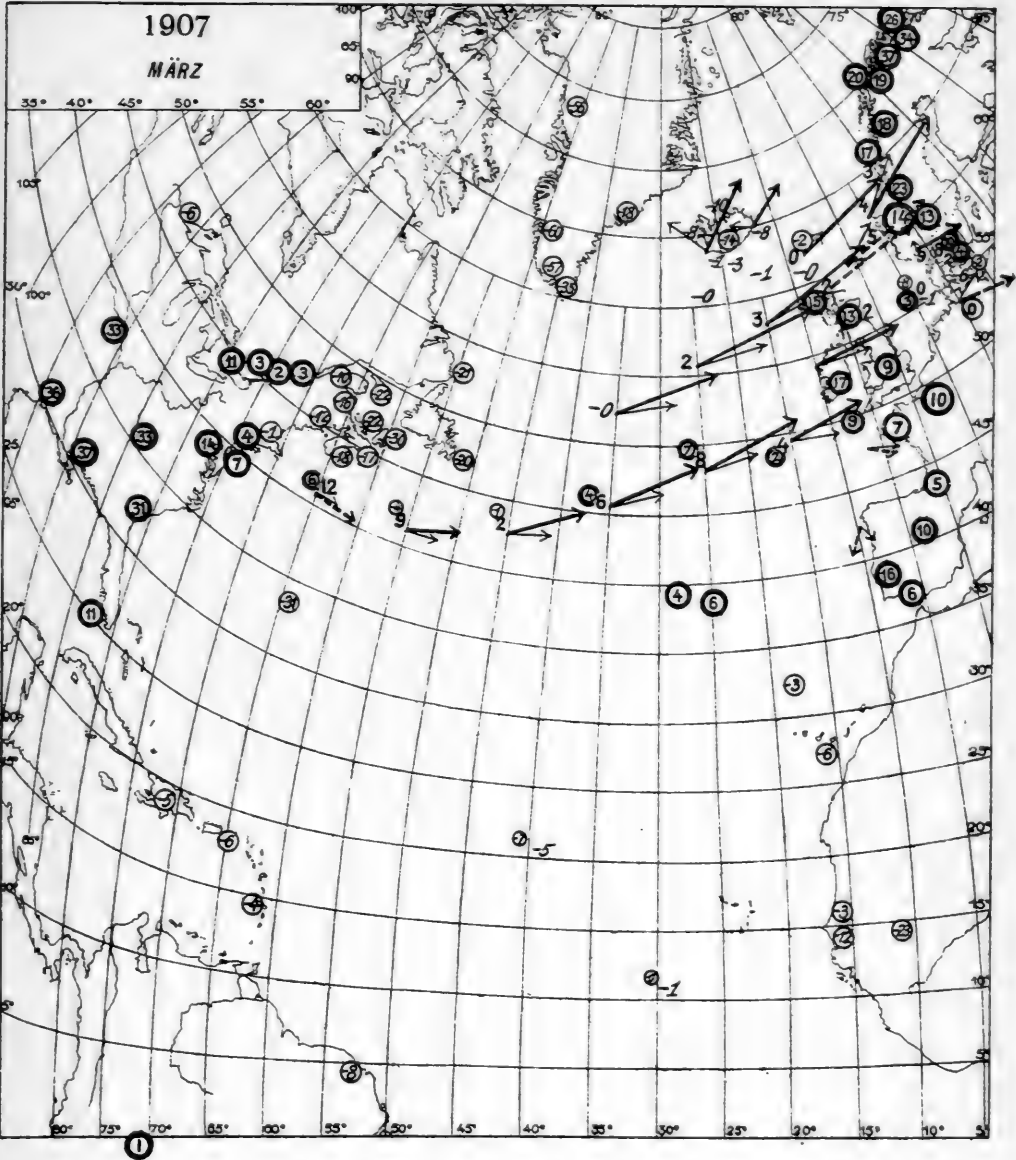


NEW YORK - KANAL
1907 FEBRUAR



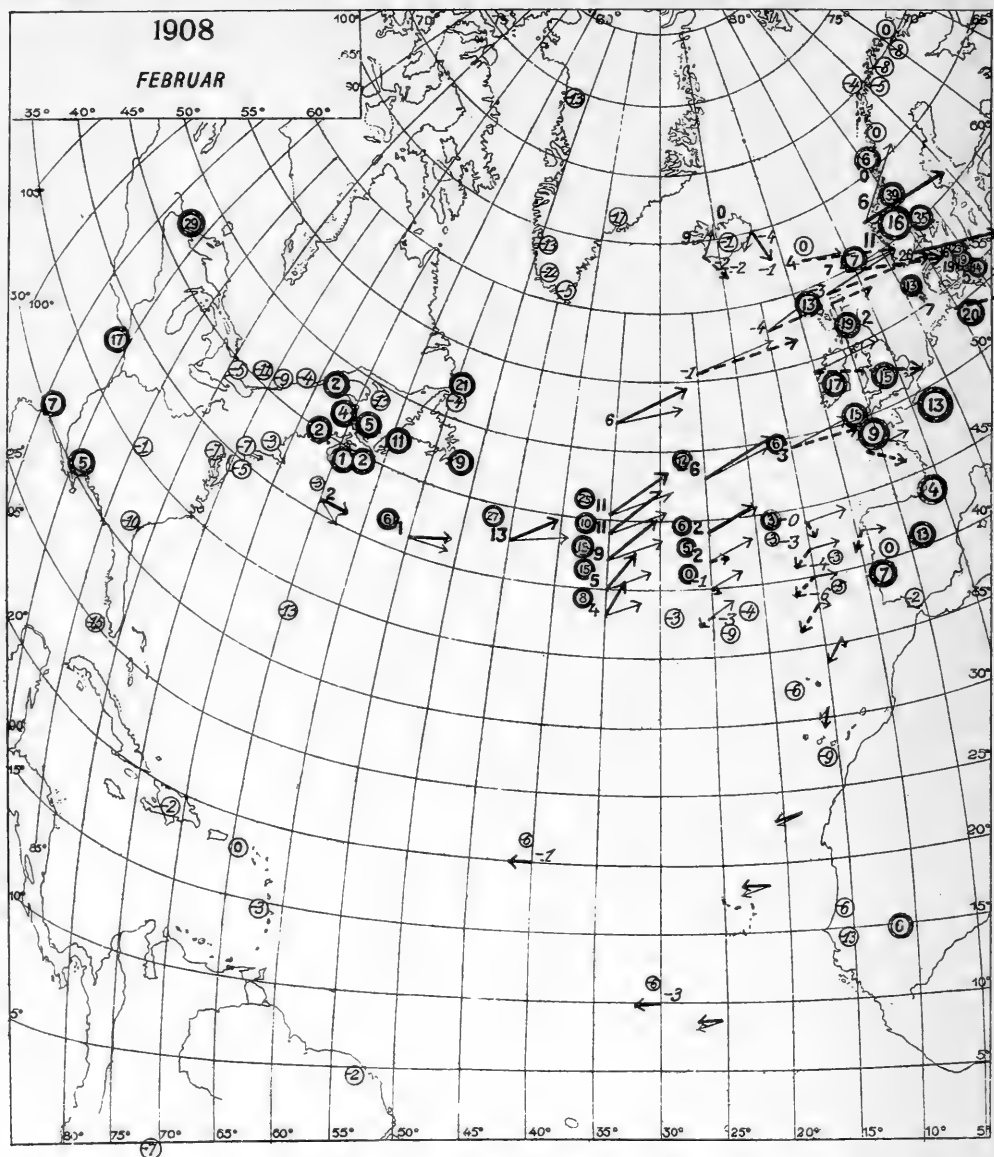
NEW YORK - KANAL
1907 MÄRZ - APR.



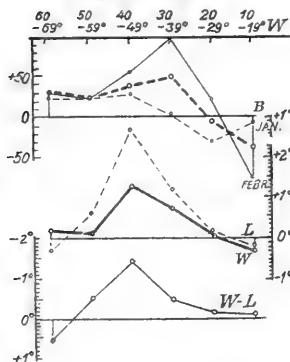


1907

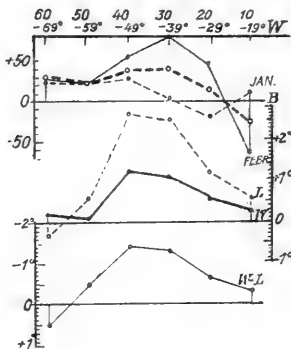
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	2	5	3	3	20	9	8	2	1	7	10	3	3	2	0
II	4	5	7	4	13	9	12	7	9	7	14	7	8	5	1
III	15	4	10	3	4	12	3	1	1	5	11	10	8	2	2
IV	3	5	9	13	3	11	1	5	11	9	12	11	11	6	3
V	5	19	18	25	2	10	11	4	3	1	9	6	2	5	4
VI	7	14	30	24	1	18	9	8	6	1	9	8	3	3	2



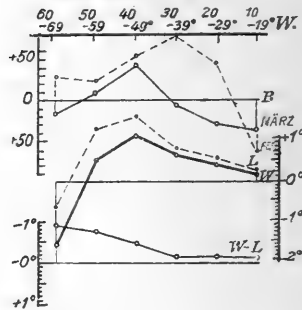
NEW YORK-RORTUGAL
1908 FEBRUAR

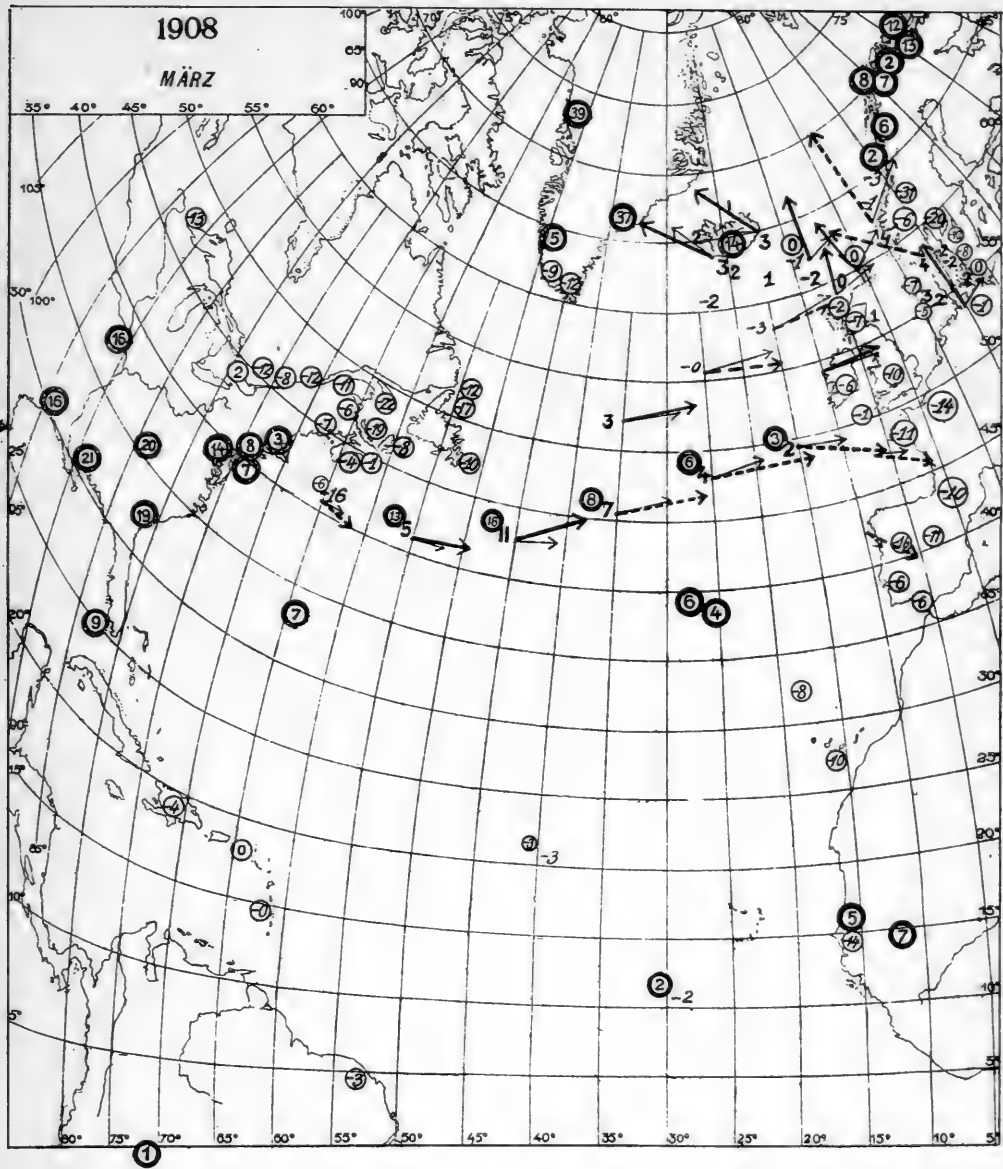


NEW YORK-KANAL
1908 FEBRUAR



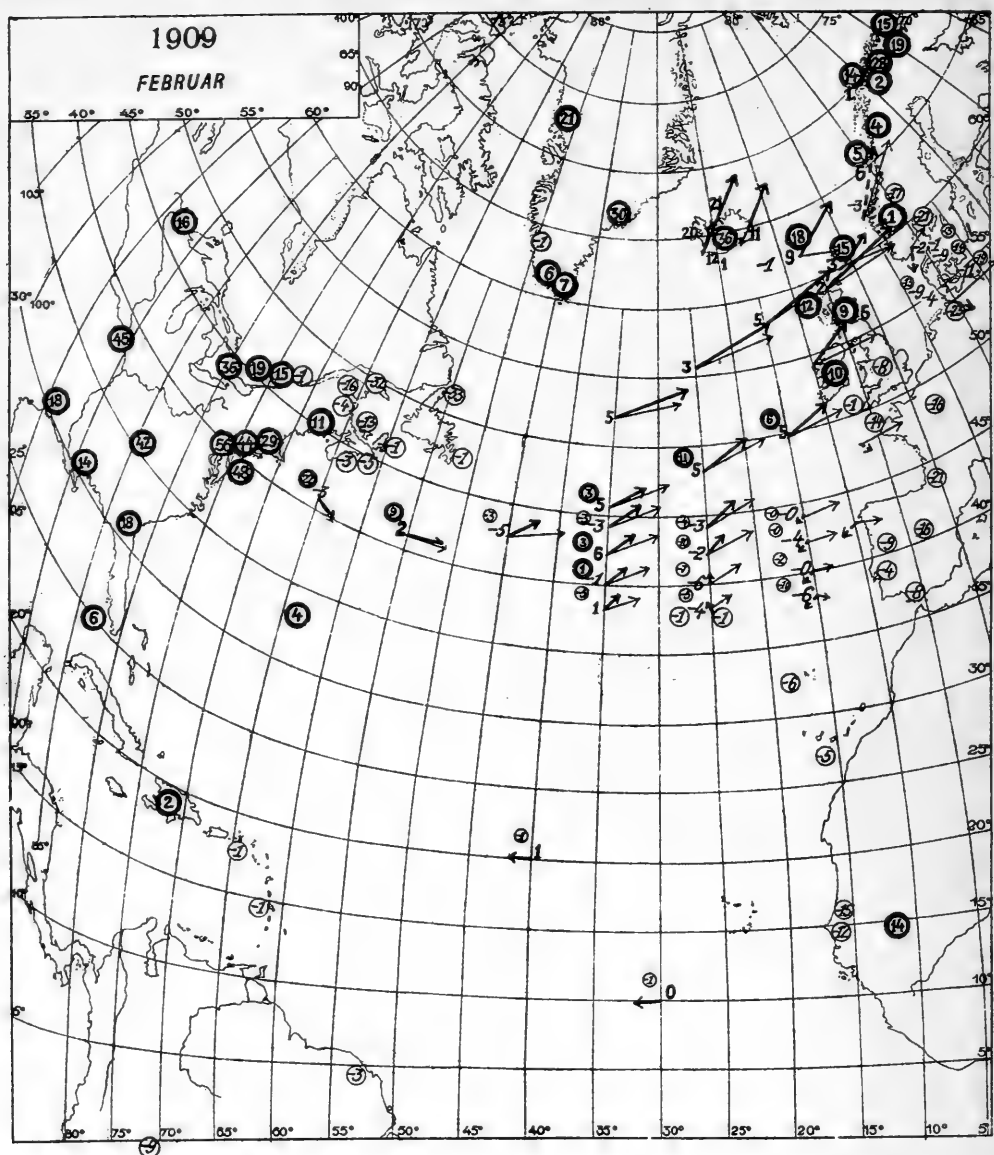
NEW YORK-KANAL
1908 MÄRZ-APR.



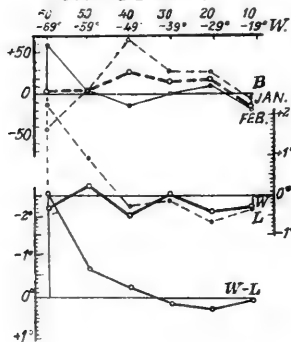


1908

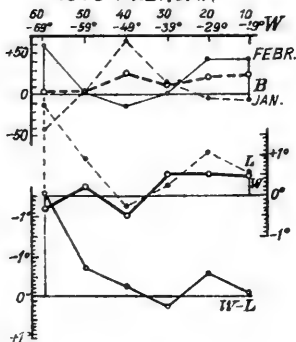
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	6	4	10	2	14	4	3	4	8	11	6	8	6	2	2
II	6	23	9	5	12	14	7	3	10	13	6	3	6	3	5
III	2	24	10	12	4	30	22	12	18	13	6	6	4	3	1
IV	0	14	1	15	11	25	9	5	5	13	5	1	0	3	1
V	3	17	19	10	2	19	14	8	6	4	4	3	1	3	3
VI	2	26	12	6	24	4	7	6	5	4	8	7	2	1	1



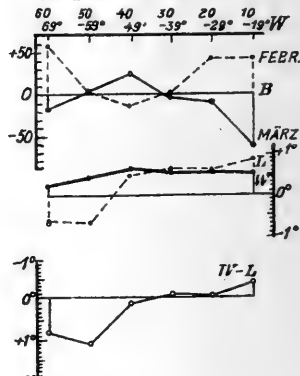
NEW YORK-PORTUGAL
1910 FEBRUAR

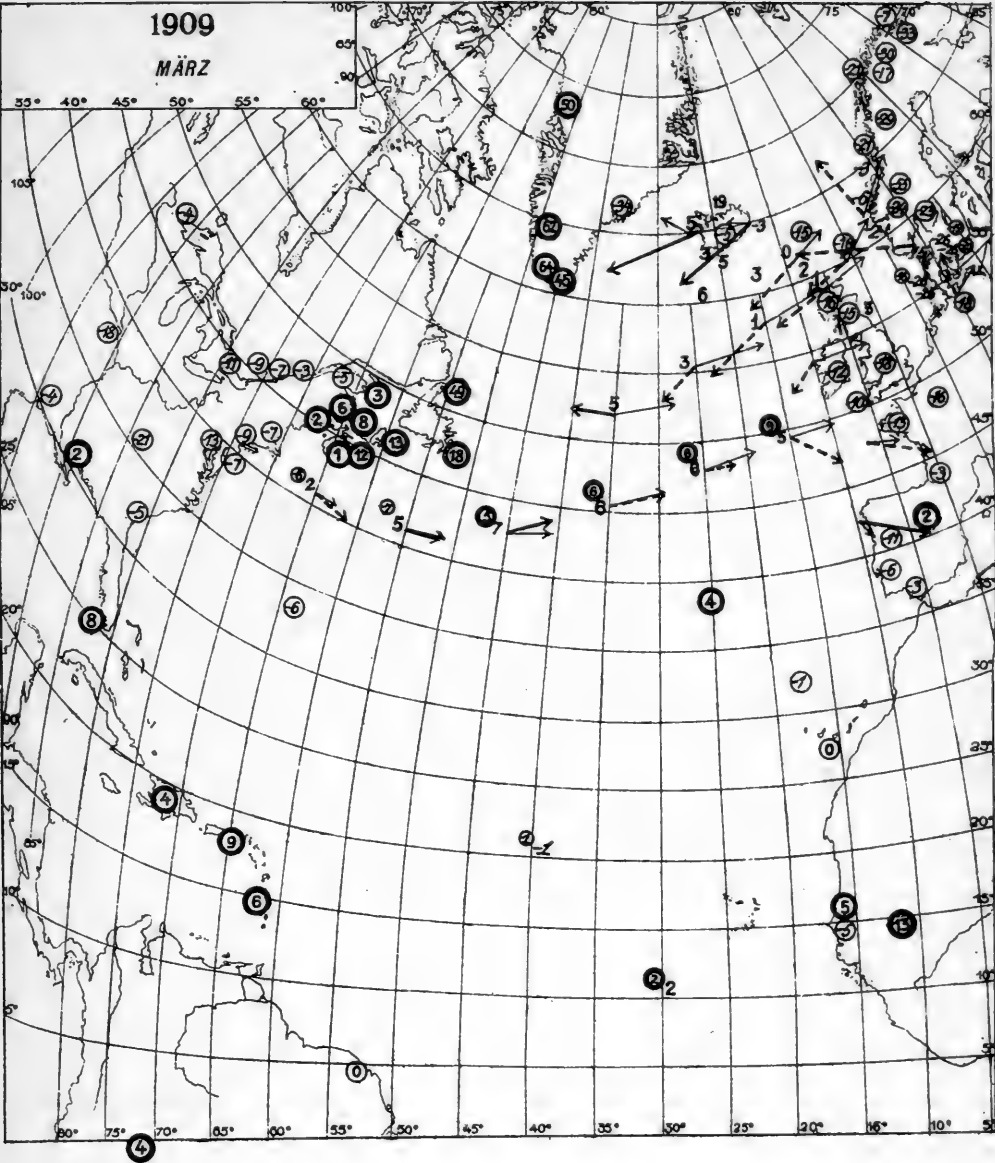


NEW YORK-KANAL
1910 FEBRUAR



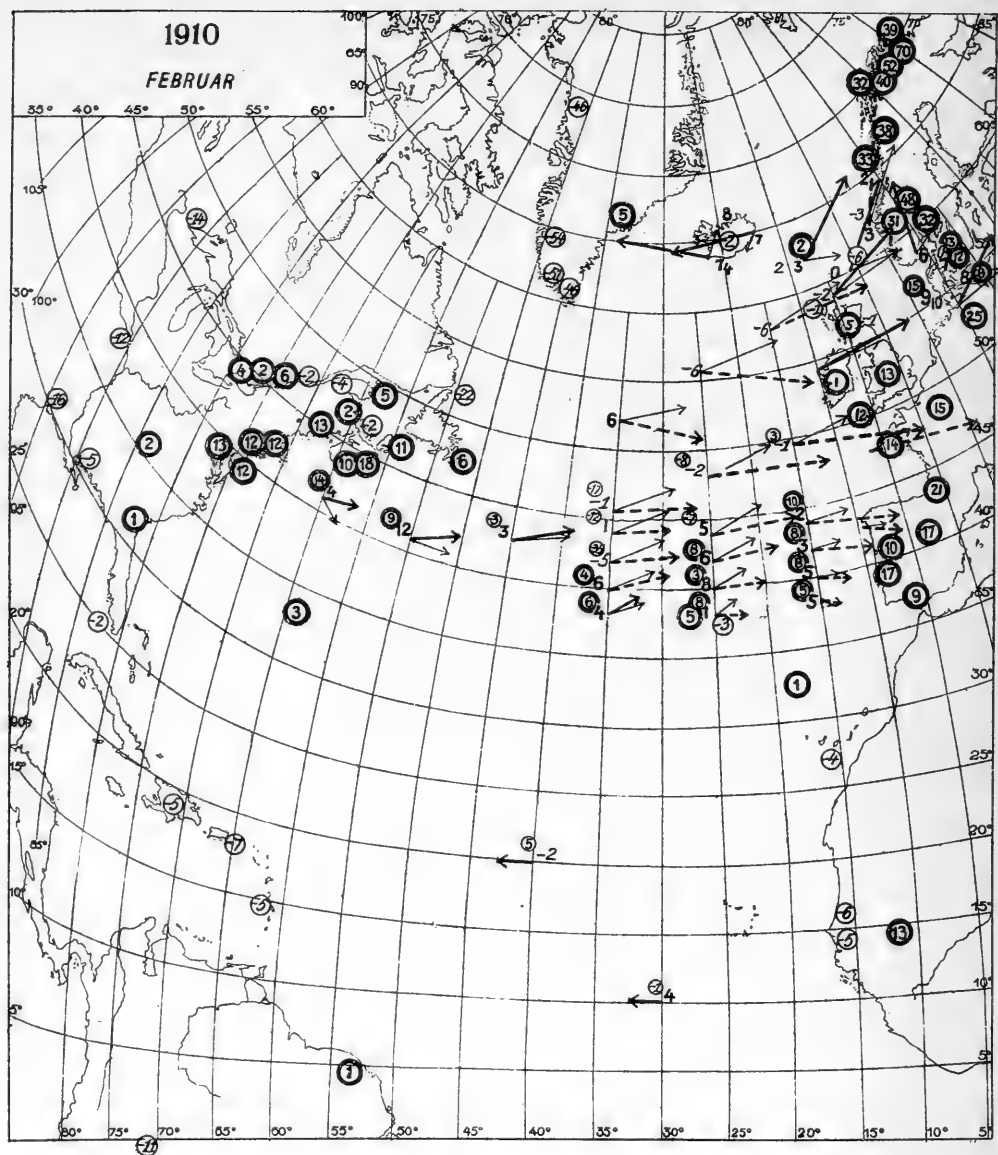
NEW YORK-KANAL
1910 MÄRZ-APR.



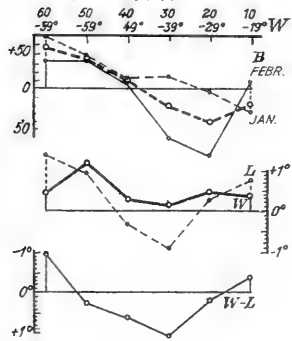


1909

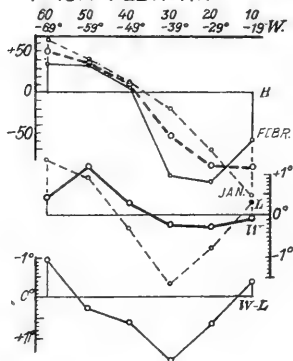
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	16	5	0	6	3	5	0	2	6	2	5	7	3	3	7
II	13	1	9	14	7	11	4	2	2	2	3	2	3	6	7
III	6	3	1	2	7	9	1	3	7	8	6	6	6	4	2
IV	6	18	3	3	12	9	4	4	7	8	4	5	4	5	5
V	4	1	2	16	11	15	3	0	5	9	7	6	6	8	5
VI	7	9	0	14	10	19	0	2	1	4	2	7	6	8	6



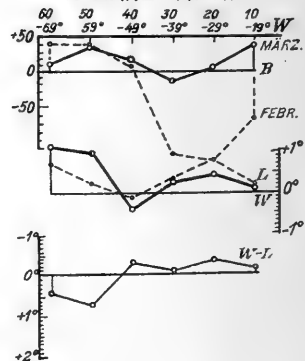
NEWYORK-PORTUGAL
1910 FEBRUAR

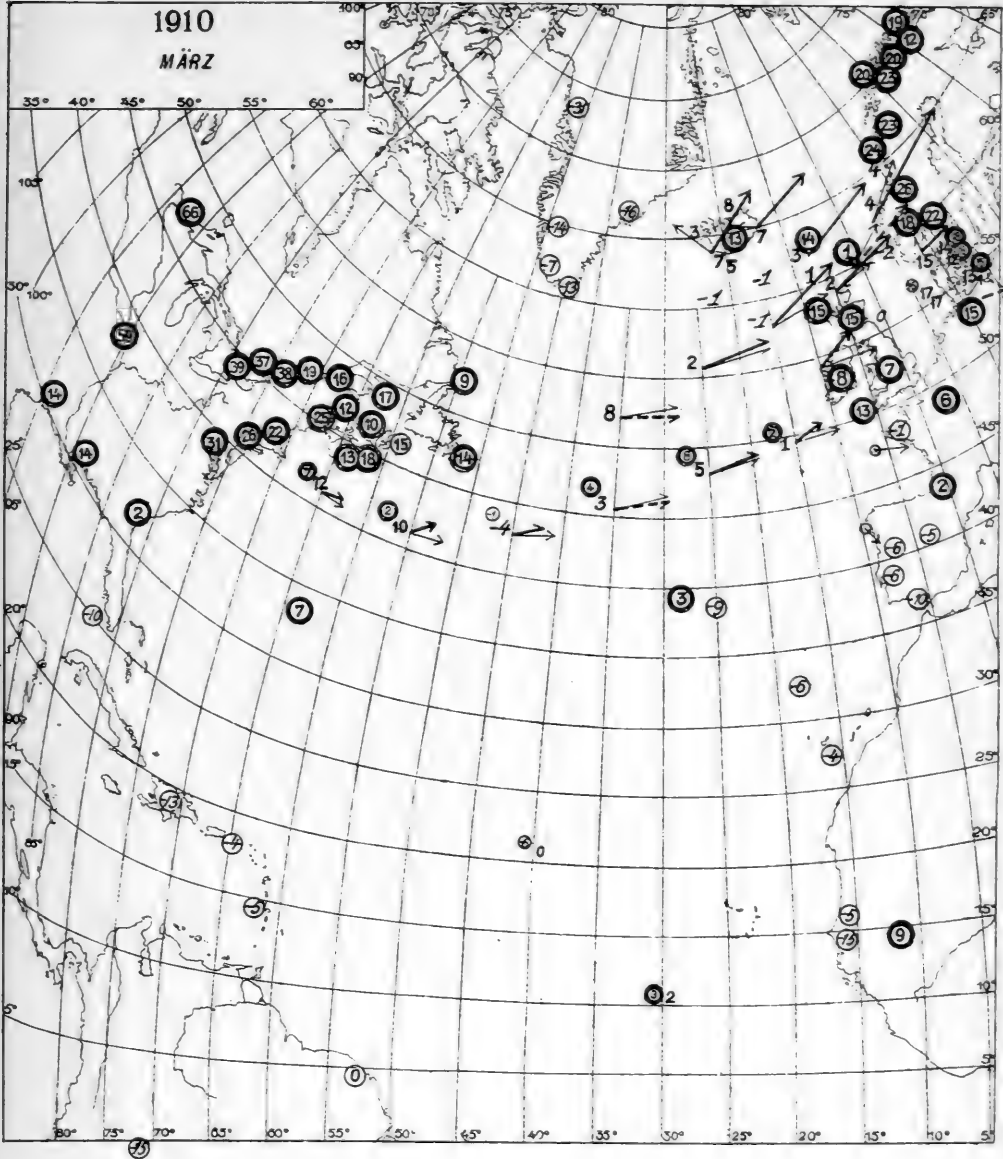


NEWYORK-KANAL
1910 FEBRUAR



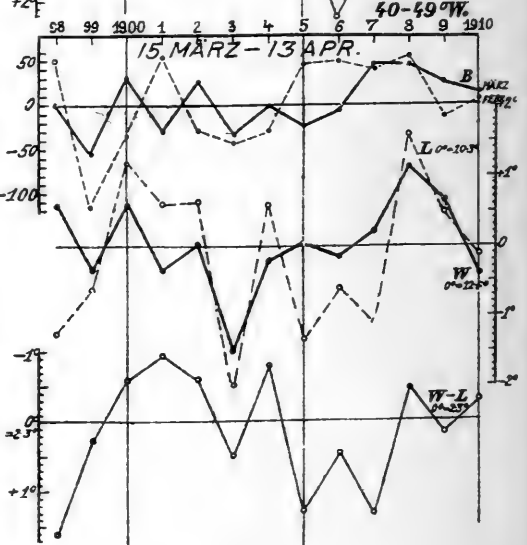
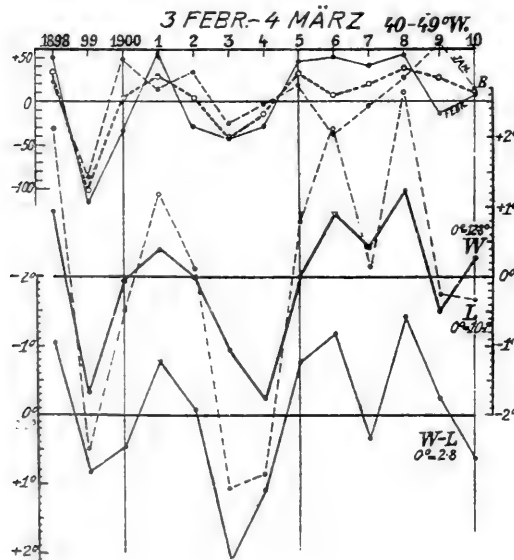
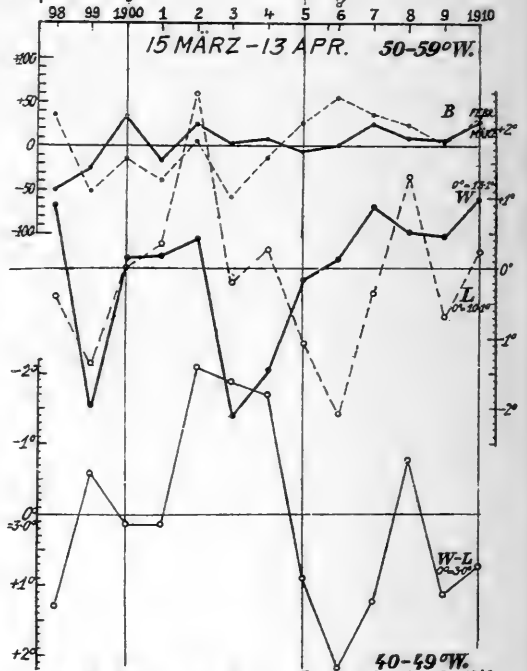
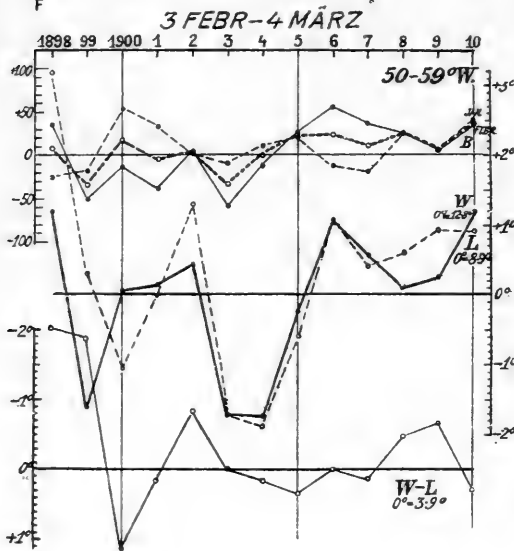
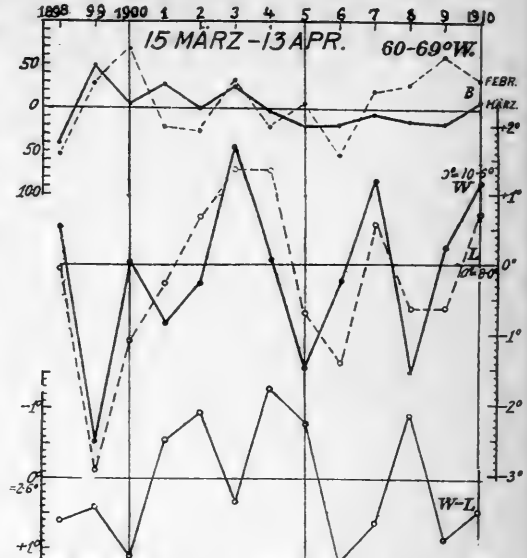
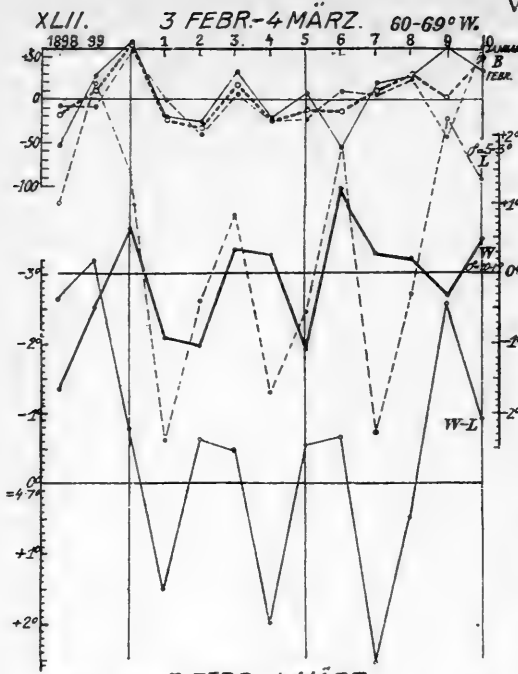
NEWYORK-KANAL
1910 MÄRZ-APR.

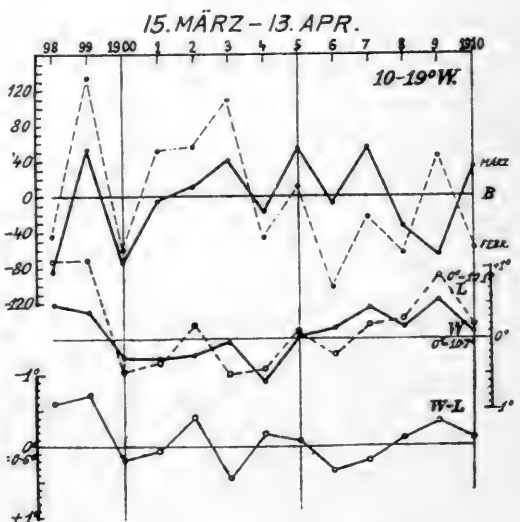
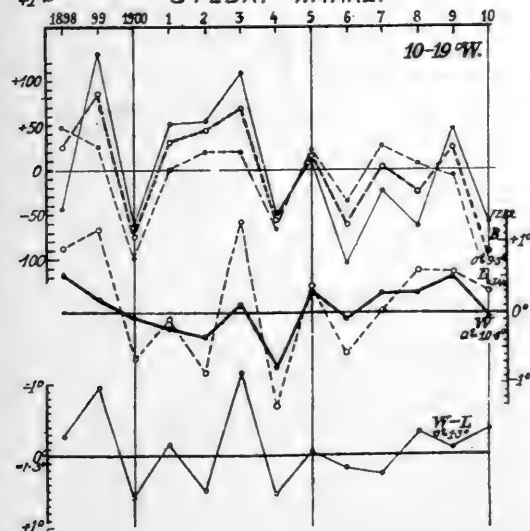
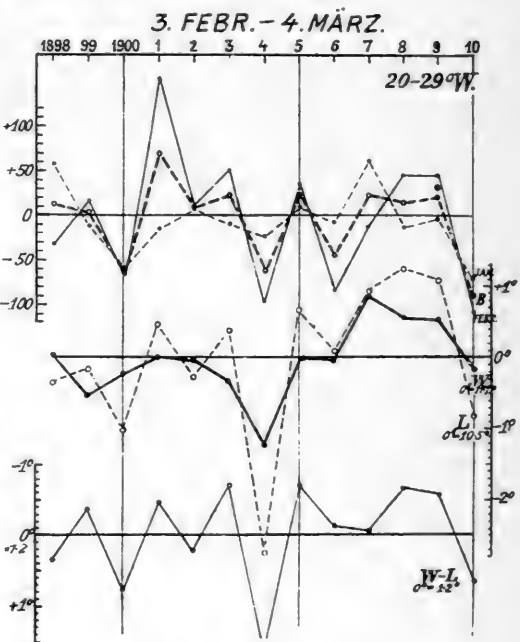
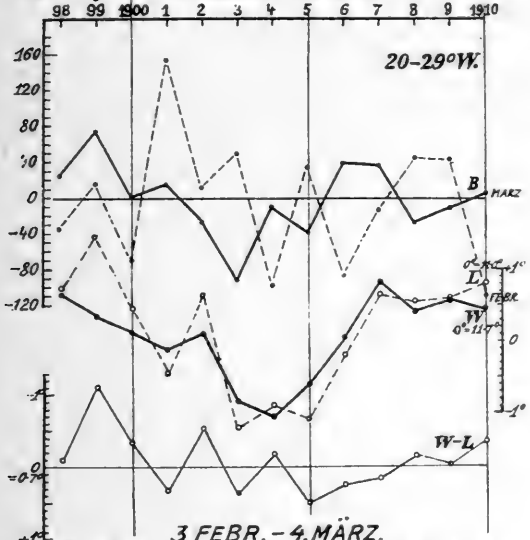
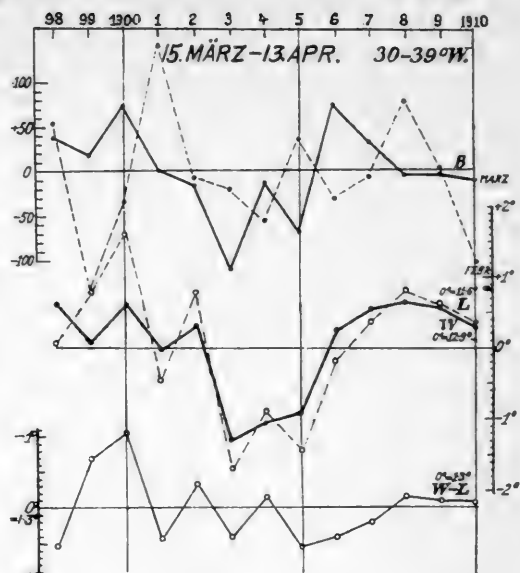
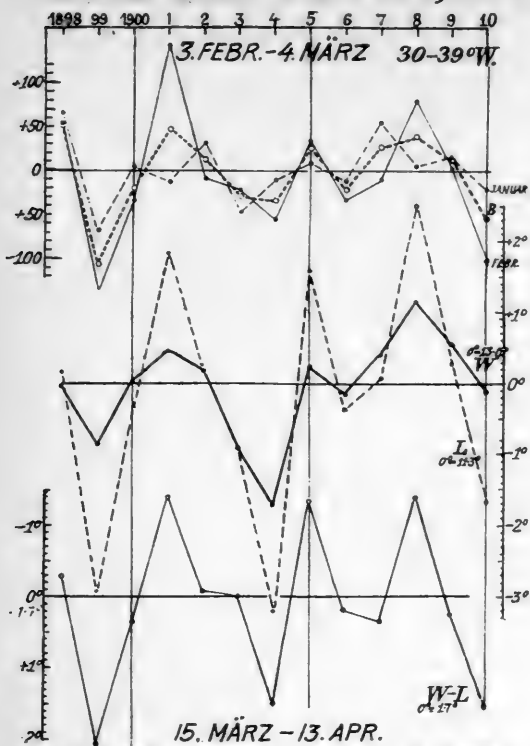


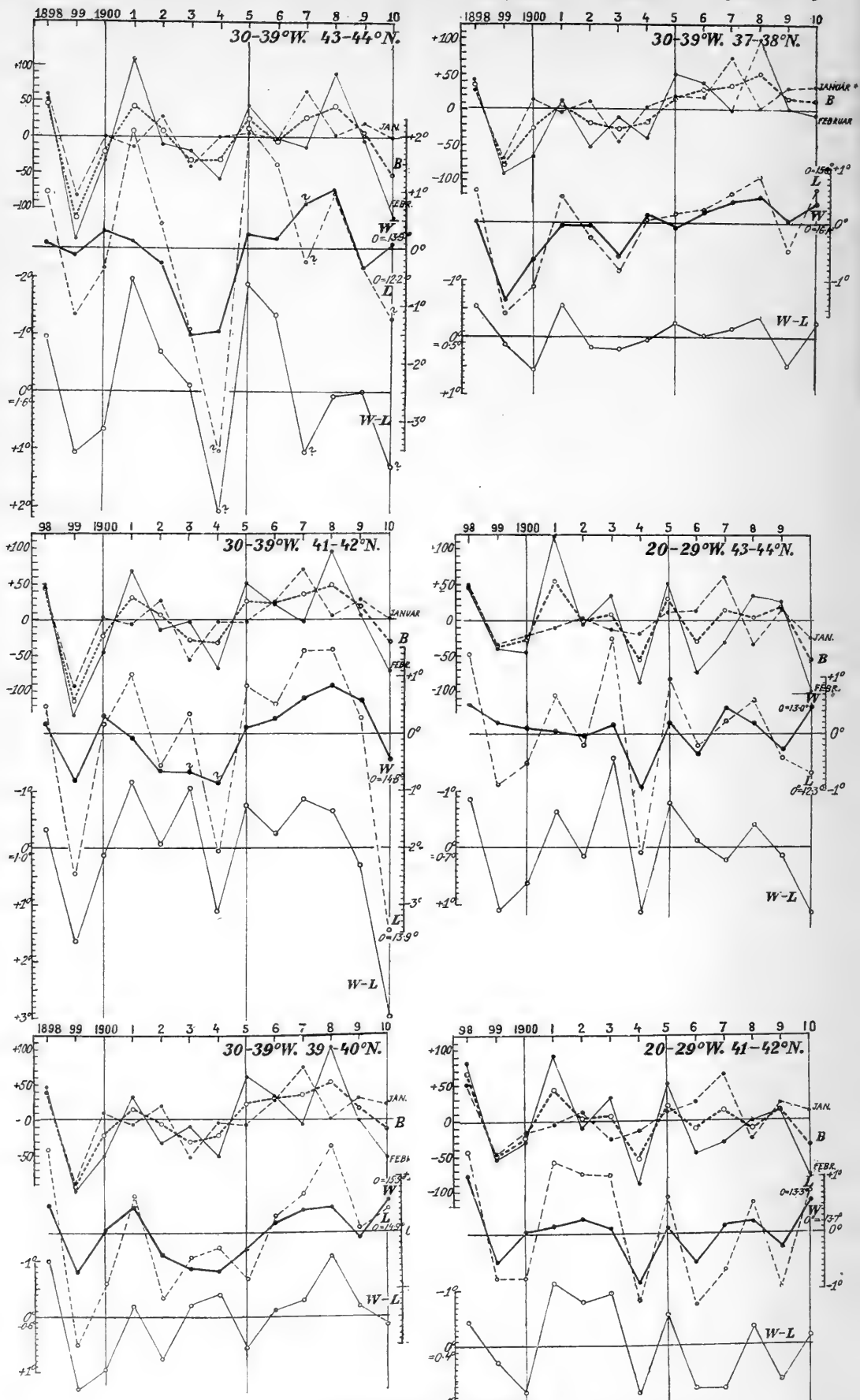


1910

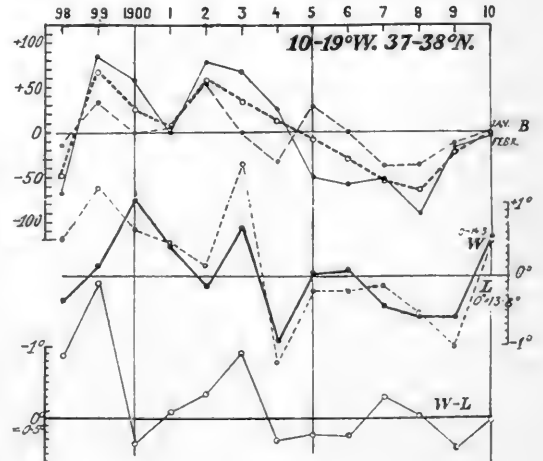
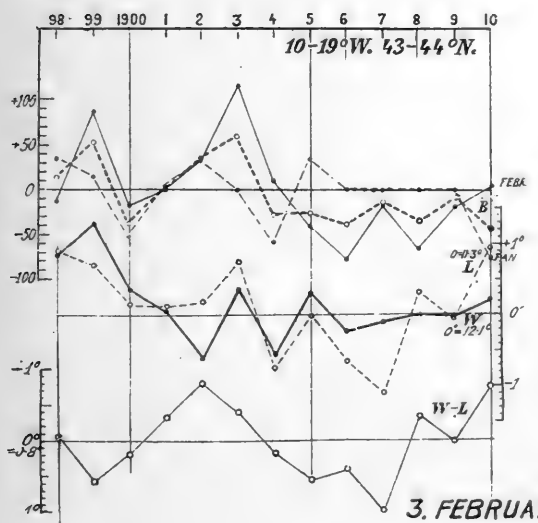
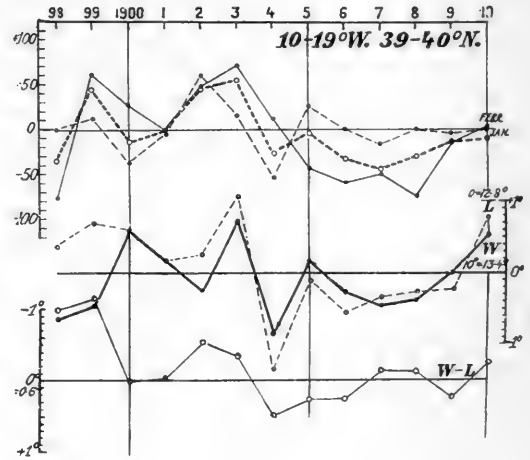
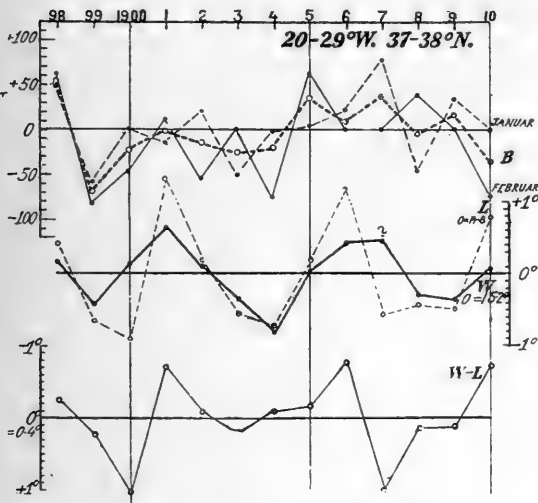
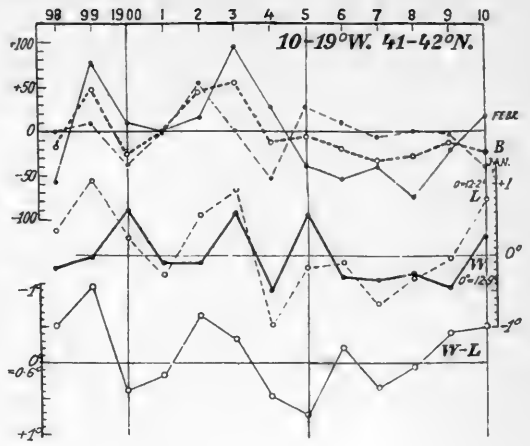
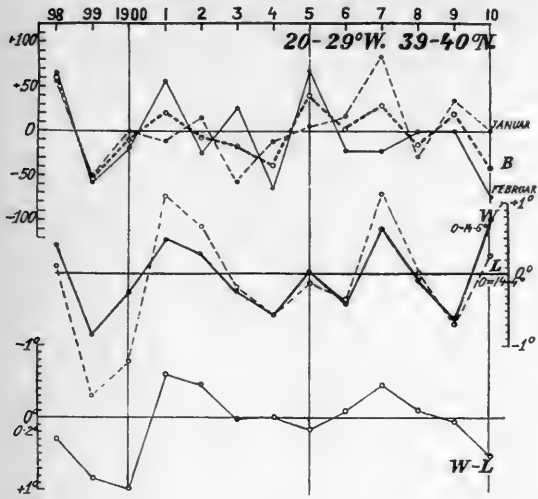
	70-66°	66-62°	62-58°	58-54°	54-50°	50-46°	46-42°	42-38°	38-34°	34-30°	30-26°	26-22°	22-18°	18-14°	14-10°
I	1	24	9	4	31	5	6	7	7	5	5	7	5	4	3
II	7	3	12	11	17	7	4	1	2	5	6	0	2	1	4
III	3	2	14	8	22	10	1	4	6	4	5	5	5	3	0
IV	1	15	4	3	23	1	4	7	5	9	6	5	5	4	2
V	1	8	7	4	20	6	3	1	1	1	3	3	1	2	1
VI	10	32	14	6	21	11	1	5	0	3	6	4	0	2	3







3 FEBRUAR - 4 MÄRZ



XLVI.

Vid.-Selsk. Skrifter. I. M.-N. Kl. 1916. No. 9.

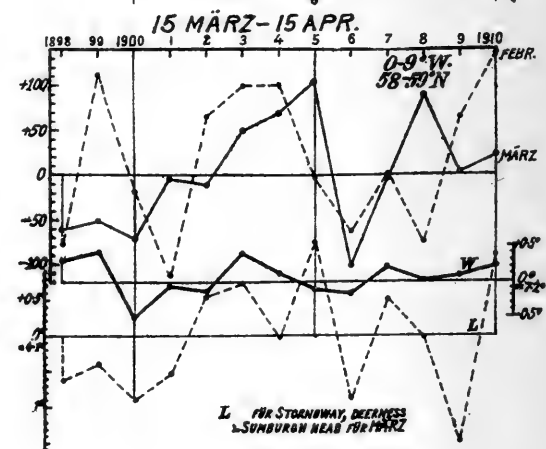
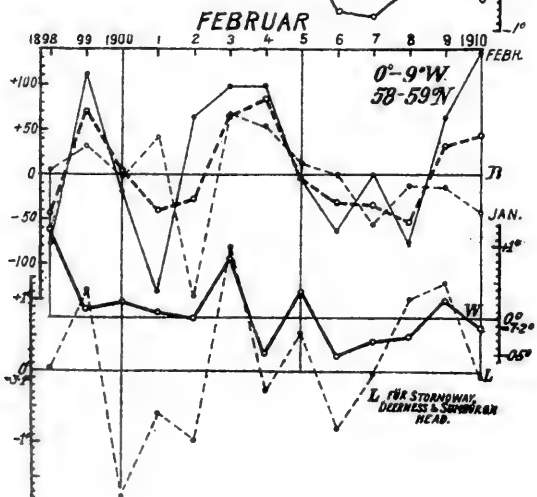
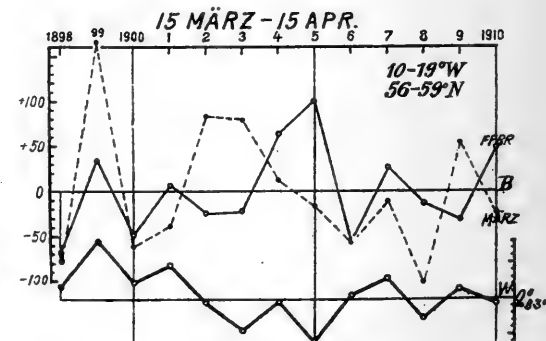
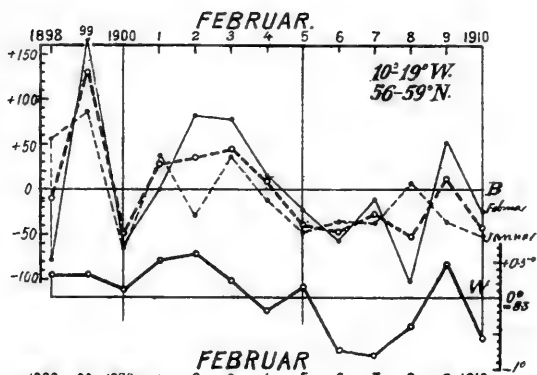
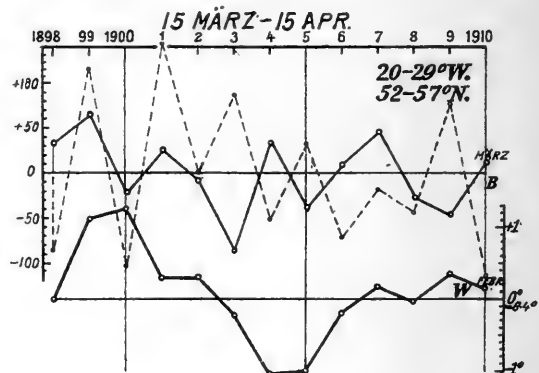
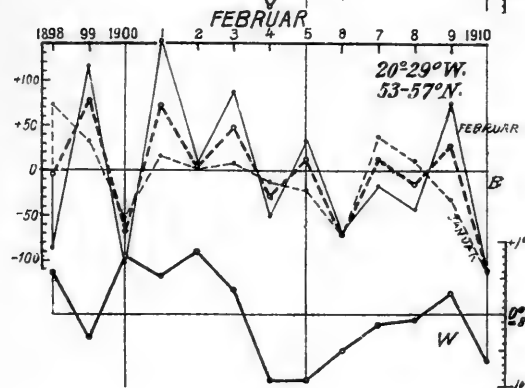
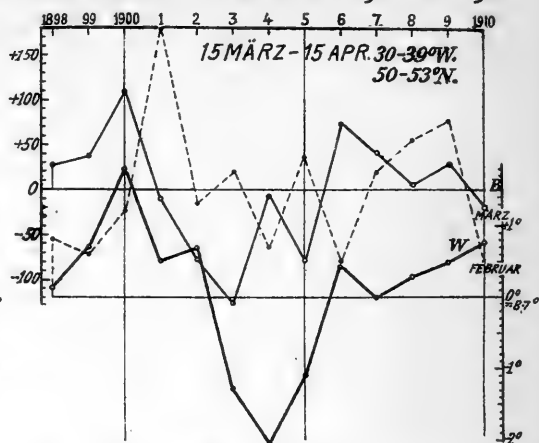
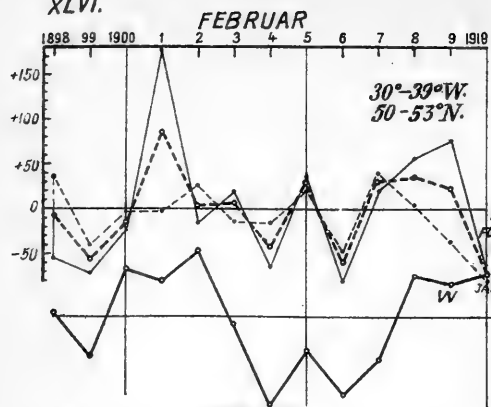


Fig 1.

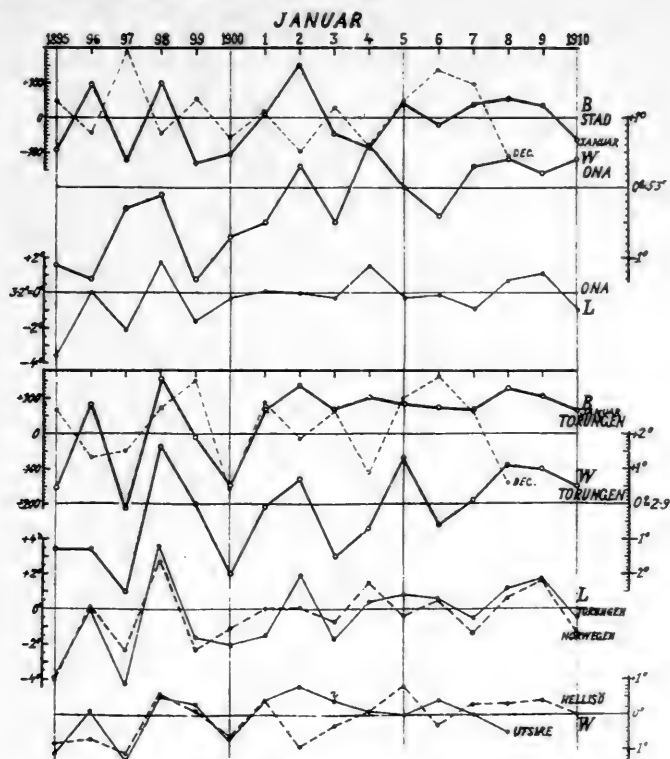


Fig 2.

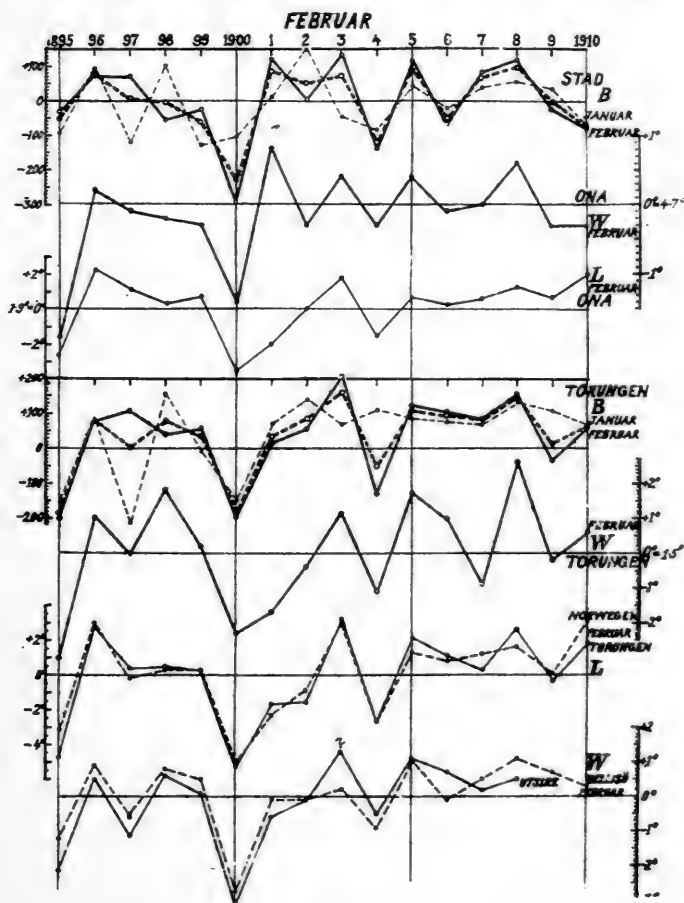


Fig 1.

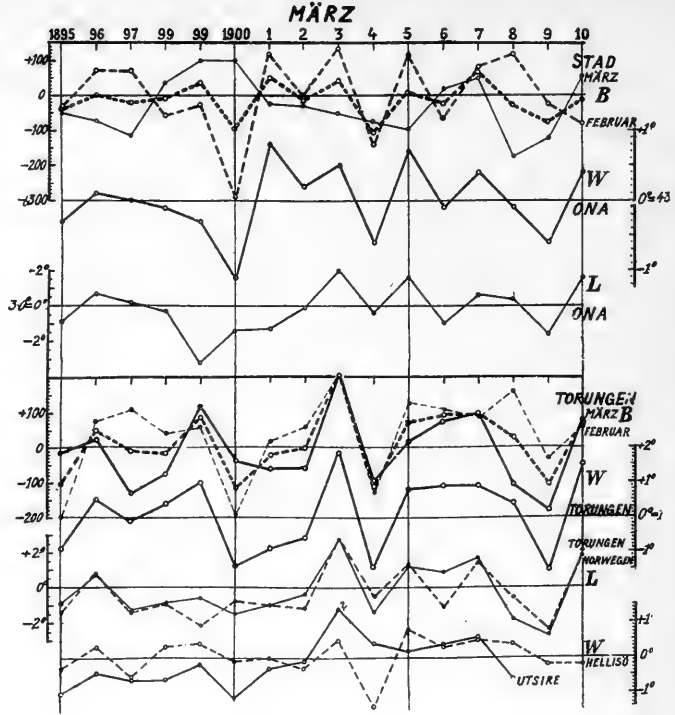
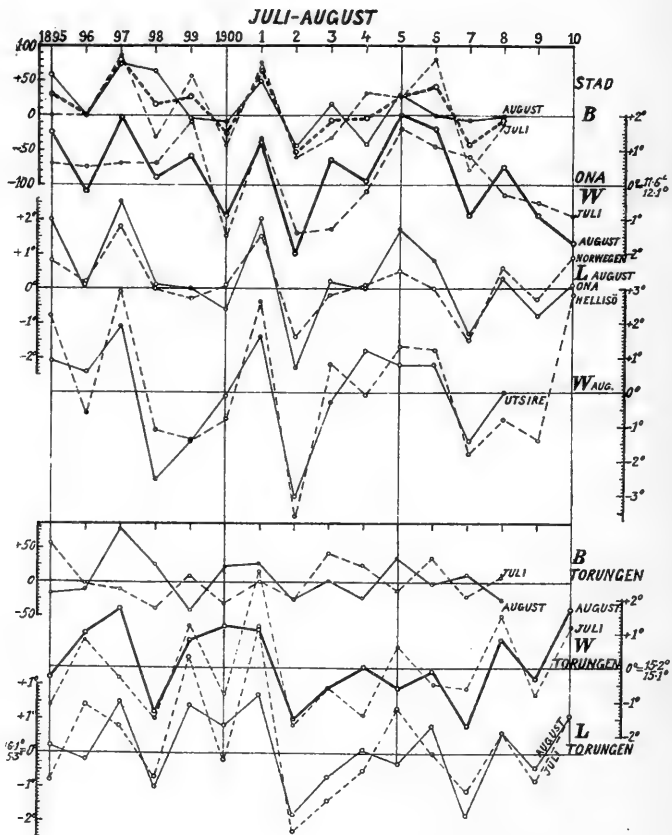
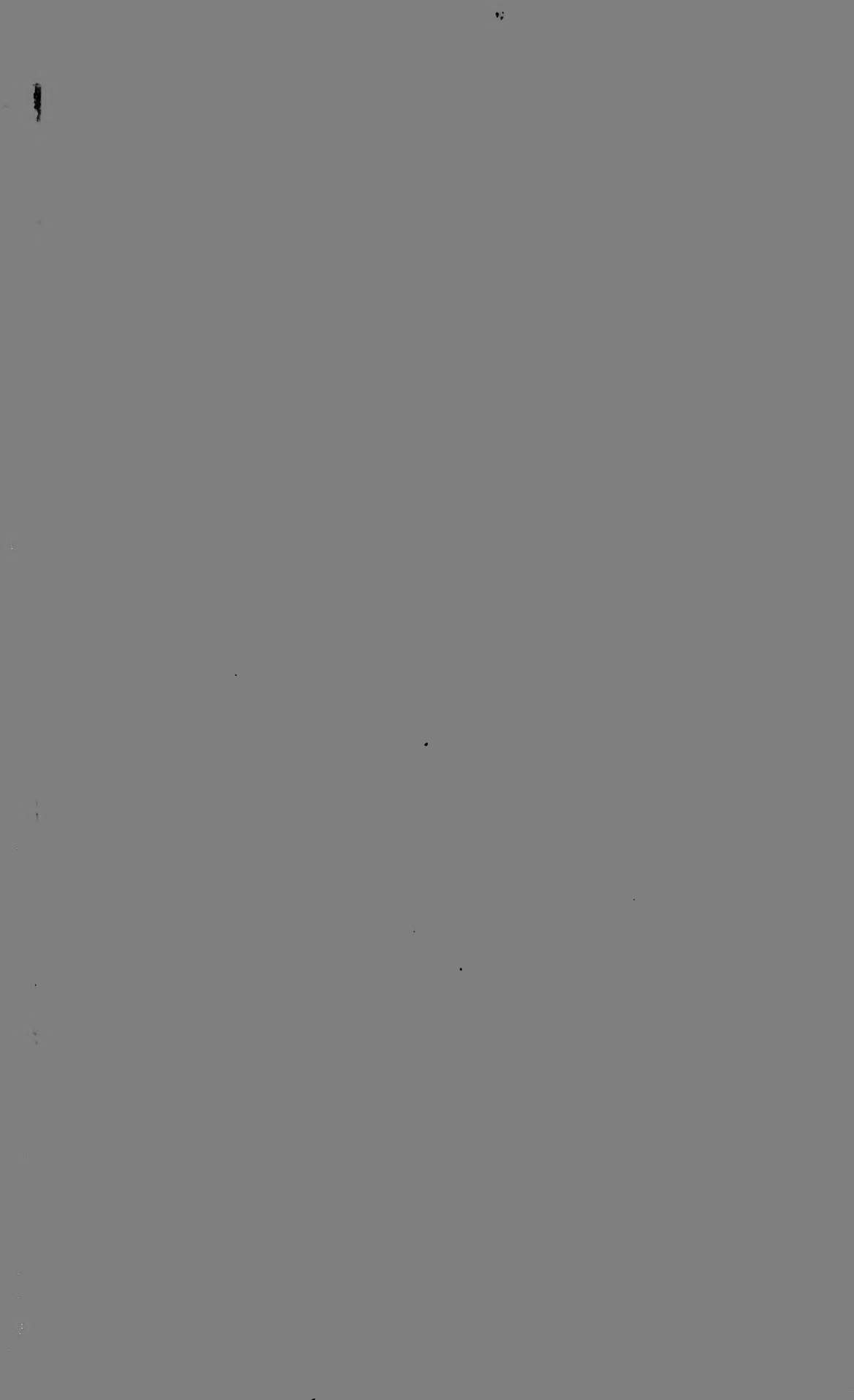


Fig 2.





New York Botanical Garden Library



3 5185 00243 3090

